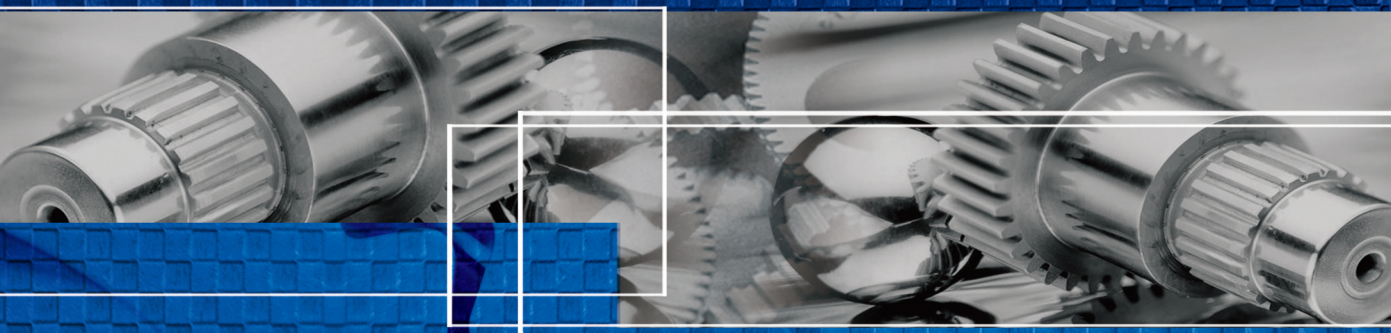
机械工程师版
简明机械设计手册

于惠力　冯新敏　主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械工程师版简明机械设计手册

主　编　于惠力　冯新敏
副主编　王妍玮　李佳阳
参　编　魏　波　张　蔓　韩　丽
韩　蓉　赵英妤　高宇博
李　军　王昌红　张　晶
王　甜　戴　劲　魏庆媛
邓佳玉

机 械 工 业 出 版 社

本书是针对机械工程师的日常工作查阅需要而编写的一本简明实用的机械设计工具书，内容根据机械工程师的设计需要进行了精心取舍与安排。全书共13章，主要内容包括：常用设计资料、机械制图、常用标准和规范、极限与配合、几何公差与表面粗糙度、材料、连接与紧固、机械传动（含螺旋传动、带传动、链传动、齿杆传动、蜗杆传动）、轴、轴承、联轴器、离合器、润滑及密封等内容。是一部内容全面、实用性强、通用性好的专业工具书。

本手册可供从事机械设计的工程技术人员作为案头必备的工具书使用，也可供大专院校的相关专业师生学习参考。

图书在版编目（CIP）数据

机械工程师版简明机械设计手册/于惠力，冯新敏主编. —北京：机械工业出版社，2017.1

ISBN 978-7-111-55586-5

Ⅰ.①机… Ⅱ.①于… ②冯… Ⅲ.①机械设计-技术手册 Ⅳ.①TH122-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第294817号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：黄丽梅 责任编辑：黄丽梅 王春雨
责任校对：刘志文 肖 琳 封面设计：陈 沛
责任印制：
印刷厂印刷
2017年3月第1版第1次印刷
184mm×260mm·59.25印张·1473千字
0001— 册
标准书号：ISBN 978-7-111-55586-5
定价： 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203

网络服务
机 工 官 网：www.cmpbook.com
机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
金 书 网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前　言

《机械工程师版简明机械设计手册》是针对机械工程师的日常工作查阅需要而编写的一本简明实用的机械设计工具书，本书从机械设计技术人员的设计需要出发，对内容进行了精心取舍与安排；表述方面以图表为主，具有简单易查的特点，提供大量设计所需的数据，同时也有相关的计算实例及按现行标准绘制的工程设计图样，以方便广大工程设计人员使用。

全书共13章，涵盖机械工程师日常机械设计所需的各个方面的内容。具体内容为：第1章常用设计资料；第2章机械制图，包括机械制图基本规定、图样画法、装配图中零部件序号及其编排方法、尺寸标注与公差配合的标注、常用零件和结构画法以及机构运动简图；第3章常用标准和规范，包括冷冲压件结构设计常用资料、铸件结构设计常用资料、锻件结构设计常用资料、焊件结构设计常用资料、切削加工零件结构设计常用资料、钢的热处理以及装配通用技术要求；第4章极限与配合；第5章几何公差；第6章表面粗糙度；第7章常用零件材料；第8章连接与紧固，包括螺纹及螺纹连接、键连接、销连接、焊接、铆接、胶接以及过盈连接；第9章机械传动，包括螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动；第10章轴；第11章轴承，包括滚动轴承和滑动轴承；第12章联轴器；第13章离合器。

本书是一部实用性强、内容全面、通用性好的专业工具书，涉及的标准全部为现行国家标准。

本手册可供从事机械设计的工程技术人员作为工具书使用，也可供大专院校的相关专业师生学习参考。

参加本手册编写的有：于惠力（第9章9.1节及9.5节、第10章10.1节、第12章）；冯新敏（第9章9.2节~9.4节）；王妍玮（第1章、第4章4.1节、第10章10.2节）；李佳阳（第2章、第4章4.4节~4.5节）；魏波（第11章）；张蔓（第5章、第6章）；韩丽（第7章7.3节、第4章4.2节~4.3节、第8章8.4节）；韩蓉（第7章7.2节）；赵英妤（第3章3.5~3.7节、第8章8.1.3节的第5部分）；高宇博（第7章7.1节）；李军（第3章3.1~3.4节、第8章8.1.3节的第4部分）；王昌红（第8章8.5节~8.7节）；张晶（第8章8.2节）；王甜（第8章8.1节中8.1.1~8.1.2）；戴劲（第8章8.3节）；魏庆媛（第13章）；邓佳玉（第8章8.1.3节的第1~3部分）。

由于编者水平有限，时间仓促，不妥之处在所难免，殷切希望广大读者给予批评指正。

编　者

目　　录

前言

第 1 章　常用设计资料 …… 1

1.1　常用资料和数据 …… 1

1.1.1　常用材料弹性模量及泊松比 …… 1

1.1.2　常用金属材料的熔点、比热容和热导率 …… 1

1.1.3　各种硬度值对照表 …… 2

1.1.4　材料线胀系数 …… 2

1.1.5　常用材料密度 …… 3

1.1.6　常用材料的摩擦因数 …… 3

1.1.7　常用材料极限强度的近似关系 …… 5

1.1.8　机械传动效率和传动比范围 …… 5

1.1.9　国内外常用标准代号 …… 6

1.2　量和单位 …… 7

1.2.1　法定计量单位 …… 7

1.2.2　常用单位换算 …… 9

第 2 章　机械制图 …… 11

2.1　基本规定 …… 11

2.1.1　图框格式和图幅尺寸 …… 11

2.1.2　标题栏和明细栏 …… 12

2.1.3　比例 …… 14

2.1.4　线型 …… 14

2.1.5　剖面符号 …… 15

2.2　图样画法 …… 15

2.2.1　投影法 …… 15

2.2.2　视图 …… 16

2.2.3　剖视图 …… 19

2.2.4　局部放大图 …… 21

2.2.5　简化画法及其他规定画法 …… 22

2.3　装配图中零、部件序号及其编排方法 …… 28

2.4　尺寸标注与公差配合的标注 …… 29

2.4.1　尺寸标注 …… 29

2.4.2　公差配合标注 …… 34

2.5　常用零件和结构画法 …… 39

2.5.1　螺纹及螺纹紧固件表示与标注 …… 39

2.5.2　齿轮的画法 …… 43

2.5.3　花键的画法 …… 44

2.5.4　弹簧的画法 …… 46

2.5.5　滚动轴承的画法 …… 46

2.5.6　中心孔 …… 47

2.6　机构运动简图 …… 49

第 3 章　常用标准和规范 …… 51

3.1　冷冲压件结构设计常用资料 …… 51

3.1.1　冷冲压件常用材料 …… 51

3.1.2　冷冲压件的结构工艺参数 …… 56

3.1.3　冷冲压件的结构设计注意事项 …… 60

3.2　铸件结构设计常用资料 …… 62

3.2.1　常用铸件的结构特点及应用 …… 62

3.2.2　铸件的结构工艺参数 …… 63

3.2.3　铸件结构设计注意事项 …… 67

3.2.4　铸件尺寸公差 …… 68

3.3　锻件结构设计常用资料 …… 69

3.3.1　各种锻造方法比较 …… 69

3.3.2　锻件的结构工艺参数 …… 70

3.4　焊件结构设计常用资料 …… 71

3.4.1　焊件材料及选择 …… 71

3.4.2　焊接的工艺性 …… 73

3.4.3　焊接方法代号及符号 …… 79

3.5　切削加工零件结构设计常用资料 …… 85

3.5.1　切削加工简介 …… 85

3.5.2　切削加工零件的结构工艺性 …… 89

3.6　钢的热处理 …… 92

3.6.1　常用钢热处理方法、特点和应用 …… 92

3.6.2　零件工作图应注明的热处理要求 …… 97

3.6.3　典型零件的热处理实例 …… 100

3.7　装配通用技术要求 …… 103

3.7.1　装配类型、方法及特点 …… 103

3.7.2　机械装配工艺注意事项 …… 104

3.7.3　装配通用技术条件 …… 109

第 4 章　极限与配合 …… 114

4.1　尺寸极限（公差）与配合 …… 114

4.1.1　术语、定义与标注 …… 114
4.1.2　公差、偏差和配合的基本规定 … 118
4.1.3　标准公差和基本偏差 …… 119
4.1.4　孔、轴的极限偏差 …… 126
4.1.5　孔、轴公差带 …… 162
4.1.6　基孔制与基轴制优先和常用配合 …… 164
4.1.7　配制配合 …… 165
4.1.8　公差与配合的选择和应用 …… 166
4.2　未注公差的线性和角度尺寸的一般公差 …… 168
4.2.1　一般公差的公差等级和极限偏差 …… 168
4.2.2　适用的尺寸和图样表示法 …… 169
4.3　统计尺寸公差 …… 169
4.3.1　统计尺寸公差的含义 …… 169
4.3.2　规定实际尺寸概率分布特性的方案及标注 …… 171
4.3.3　统计尺寸公差在孔、轴配合中的应用 …… 171
4.4　圆锥的锥度与锥角、棱体的角度与斜度系列 …… 179
4.4.1　统计尺寸公差的含义 …… 179
4.4.2　棱体的角度和斜度系列 …… 181
4.5　圆锥公差和配合 …… 185
4.5.1　圆锥公差 …… 185
4.5.2　圆锥配合 …… 189
第5章　几何公差 …… 195
5.1　术语、定义和符号 …… 195
5.1.1　术语及定义 …… 195
5.1.2　几何公差的符号 …… 198
5.1.3　几何公差带的定义 …… 199
5.2　几何公差数值及应用 …… 212
5.2.1　几何公差注出公差值的规定 …… 212
5.2.2　几何公差值的选用原则 …… 215
5.3　几何公差的选择与应用 …… 216
5.3.1　几何公差特征项目的选用 …… 216
5.3.2　公差原则和公差要求的选用 …… 217
5.3.3　基准要素的选用 …… 217
5.3.4　几何公差原则选用示例 …… 217
5.3.5　几何公差综合应用实例 …… 221
5.4　几何公差在图样上的标注方法 …… 223
5.5　未注几何公差 …… 228
5.5.1　未注几何公差的公差值 …… 228
5.5.2　未注公差值的应用 …… 229
第6章　表面粗糙度 …… 230
6.1　主要术语、定义、符号和代号 …… 230
6.1.1　表面粗糙度术语及定义 …… 230
6.1.2　表面粗糙度常用符号与代号 …… 234
6.2　表面粗糙度参数及其数值 …… 235
6.2.1　评定表面粗糙度的参数及其数值系列 …… 235
6.2.2　取样长度的数值和选用 …… 236
6.3　表面粗糙度的选择 …… 237
6.3.1　表面粗糙度对零件功能的影响 … 237
6.3.2　规定表面粗糙度要求的一般规则 …… 237
6.3.3　表面粗糙度参数及参数值的选择 …… 238
6.3.4　表面粗糙度参数值的应用实例 … 238
6.4　表面粗糙度参数值及其对照 …… 239
6.5　表面粗糙度在图样上的标注方法 …… 239
第7章　常用零件材料 …… 243
7.1　黑色金属 …… 243
7.1.1　铸铁 …… 243
7.1.2　铸钢 …… 250
7.1.3　碳素结构钢和低合金结构钢 …… 252
7.1.4　合金结构钢 …… 258
7.1.5　特殊用途钢 …… 260
7.1.6　工具钢 …… 264
7.1.7　钢的型材、板材、管材和线材 … 273
7.2　有色金属 …… 288
7.2.1　铜和铜合金 …… 288
7.2.2　铝和铝合金 …… 298
7.3　非金属材料 …… 346
7.3.1　橡胶 …… 346
7.3.2　塑料 …… 348
第8章　连接与紧固 …… 353
8.1　螺纹及螺纹连接 …… 353
8.1.1　基本设计方法 …… 353
8.1.2　设计标准及规范 …… 366
8.1.3　常用螺纹连接件及其标准数据 … 386
8.2　键连接 …… 445
8.2.1　基本设计计算方法 …… 445
8.2.2　设计标准及规范 …… 453

8.3 销连接 …… 482
8.3.1 基本设计计算方法 …… 482
8.3.2 设计标准及规范 …… 485
8.4 焊接 …… 509
8.4.1 基本设计计算方法 …… 509
8.4.2 设计标准及规范 …… 518
8.5 铆接 …… 525
8.5.1 基本设计计算方法 …… 525
8.5.2 设计标准及规范 …… 533
8.6 胶接 …… 547
8.6.1 基本设计计算方法 …… 547
8.6.2 设计标准及规范 …… 551
8.7 过盈连接 …… 552
8.7.1 基本设计计算方法 …… 552
8.7.2 设计标准及规范 …… 559
第 9 章 机械传动 …… 562
9.1 螺旋传动 …… 562
9.1.1 基本设计计算方法 …… 562
9.1.2 滚动螺旋传动简介 …… 574
9.1.3 静压螺旋传动简介 …… 575
9.1.4 设计标准及规范 …… 576
9.2 带传动 …… 615
9.2.1 基本设计计算方法 …… 615
9.2.2 设计标准及规范 …… 630
9.3 链传动 …… 658
9.3.1 基本设计计算方法 …… 658
9.3.2 设计标准及规定 …… 665
9.4 齿轮传动 …… 672
9.4.1 基本设计计算方法 …… 672
9.4.2 设计标准及规范 …… 696
9.4.3 齿轮传动的效率和润滑 …… 723
9.5 蜗杆传动 …… 729
9.5.1 基本设计计算方法 …… 730
9.5.2 设计标准及规范 …… 745
9.5.3 润滑 …… 752
第 10 章 轴 …… 753
10.1 基本设计计算方法 …… 753
10.1.1 概述 …… 753
10.1.2 轴的结构设计 …… 755
10.1.3 轴的强度计算 …… 760
10.2 设计标准及规范 …… 770
10.2.1 轴的常用材料及其性能 …… 770
10.2.2 轴的强度计算系数 …… 771
10.2.3 各种截面轴的抗弯与抗扭截面模量计算公式 …… 776
第 11 章 轴承 …… 777
11.1 滚动轴承 …… 777
11.1.1 基本设计计算方法 …… 777
11.1.2 设计标准及规范 …… 792
11.1.3 常用滚动轴承的尺寸和主要性能参数表 …… 795
11.1.4 滚动轴承的润滑和密封 …… 805
11.1.5 滚动轴承的公差与配合 …… 806
11.2 滑动轴承 …… 808
11.2.1 基本设计计算方法 …… 808
11.2.2 设计标准及规范 …… 821
第 12 章 联轴器 …… 835
12.1 基本设计计算方法 …… 835
12.1.1 概述 …… 835
12.1.2 联轴器的选择与计算 …… 836
12.1.3 联轴器的选择计算实例 …… 838
12.2 设计标准和规范 …… 843
12.2.1 刚性联轴器 …… 843
12.2.2 无弹性元件的挠性联轴器 …… 850
12.2.3 非金属弹性元件的挠性联轴器 …… 869
12.2.4 金属弹性元件挠性杆联轴器 …… 891
12.2.5 安全联轴器 …… 896
12.2.6 联轴器轴孔和键槽形式 …… 906
第 13 章 离合器 …… 911
13.1 基本设计计算方法 …… 911
13.1.1 概述 …… 911
13.1.2 离合器的选择与计算 …… 911
13.1.3 离合器的选择与计算实例 …… 913
13.2 设计标准和规范 …… 917
13.2.1 设计参数 …… 917
13.2.2 机械离合器 …… 919
13.2.3 电磁离合器 …… 925
13.2.4 超越离合器 …… 929
13.2.5 安全离合器 …… 933
13.2.6 离心离合器 …… 940
参考文献 …… 942

第 1 章　常用设计资料

1.1　常用资料和数据

1.1.1　常用材料弹性模量及泊松比（表 1-1）

表 1-1　常用材料弹性模量及泊松比

名称	弹性模量 E GPa	切变模量 GPa	泊松比 μ	名称	弹性模量 E GPa	切变模量 GPa	泊松比 μ
灰铸铁	118 ~ 126	44.3	0.3	轧制锌	82	31.4	0.27
球墨铸铁	173	—	0.3	铅	16	6.8	0.42
碳钢、镍铬钢	206	79.4	0.3	玻璃	55	1.96	0.25
合金钢	—	—	—	有机玻璃	2.35 ~ 29.42	—	—
铸钢	202	—	0.3	橡胶	0.0078	—	0.47
轧制纯铜	108	39.2	0.31 ~ 0.34	电木	1.96 ~ 2.94	0.69 ~ 2.06	0.35 ~ 0.38
冷拔纯铜	127	48.0	—	夹布酚醛塑料	3.92 ~ 8.83	—	—
轧制磷锡青铜	113	41.2	0.32 ~ 0.35	赛璐珞	1.71 ~ 1.89	0.69 ~ 0.98	0.4
冷拔黄铜	89 ~ 97	34.3 ~ 36.3	0.32 ~ 0.42	尼龙 100	1.07	—	—
轧制锰青铜	108	39.2	0.35	硬聚氯乙烯	3.14 ~ 3.92	—	0.34 ~ 0.35
轧制铝	68	25.5 ~ 26.5	0.32 ~ 0.36	聚四氯乙烯	1.14 ~ 1.42	—	—
拔制铝线	69	—	—	低压聚氯乙烯	0.54 ~ 0.75	—	—
铸铝青铜	103	11.1	0.3	高压聚氯乙烯	0.147 ~ 0.245	—	—
铸锡青铜	103	—	0.3	混凝土	13.73 ~ 39.2	4.9 ~ 15.69	0.1 ~ 0.18
硬铝合金	70	26.5	0.3				

1.1.2　常用金属材料的熔点、比热容和热导率（表 1-2）

表 1-2　常用金属材料的熔点、比热容和热导率

名称	熔点/℃	热导率/($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	比热容/($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)
灰铸铁	1200	46.4 ~ 92.8	544.3
铸钢	1425	—	489.9
软钢	1400 ~ 1500	46.4	502.4
黄铜	950	92.8	393.6
青铜	995	63.8	385.2
纯铜	1083	392	376.9
铝	658	203	904.3
铅	327	34.8	129.8
锡	232	62.6	234.5
锌	419	110	393.6
镍	1452	59.2	452.2

注：表中的热导率值指温度在 0 ~ 100℃ 的范围内测得的。

1.1.3　各种硬度值对照表（表 1-3）

表 1-3　常用硬度对照表

布氏硬度 HBW	洛氏硬度 HRC	维氏硬度 HV	布氏硬度 HBW	洛氏硬度 HRC	维氏硬度 HV
	68.0	940	415	44.5	440
	67.5	920	401	43.1	425
	67.0	900	388	41.8	410
767	66.4	880	375	40.4	396
757	65.9	860	363	39.1	383
745	65.3	840	352	37.9	372
733	64.7	920	341	36.6	360
722	64.0	900	331	35.5	350
710	63.3	780	321	34.3	339
698	62.5	760	311	33.1	328
684	61.8	740	302	32.1	319
682	61.7	737	293	30.9	309
670	61.0	720	285	29.9	301
656	60.1	700	277	28.8	292
653	60.0	697	269	27.6	284
647	59.7	690	262	26.6	276
638	59.2	680	255	25.4	269
630	58.8	670	248	24.2	261
627	58.7	667	241	22.8	253
620	58.3	660	235	21.7	247
601	57.3	640	229	20.5	241
578	56.0	615	223		234
	55.6	607	217		228
555	54.7	591	212		222
	54.0	579	207		218
534	53.5	569	201		212
	52.5	553	197		207
514	52.1	547	192		202
	51.6	539	187		296
	51.1	530	183		192
495	51.0	528	179		188
	50.3	516	174		183
477	49.6	508	170		178
	48.8	495	167		175
461	48.5	491	163		171
	47.2	474	156		163
444	47.1	472	149		156
429	45.7	455	143		150

1.1.4　材料线胀系数（表 1-4）

表 1-4　材料线胀系数

材料名称	线胀系数/(10^{-6}/K)			
	20℃	20～100℃	20～200℃	20～300℃
铸铁	—	8.7～11.1	8.5～11.6	10.1～12.2

（续）

材料名称	线胀系数/(10^{-6}/K)			
	20℃	20～100℃	20～200℃	20～300℃
碳钢	—	10.6～12.2	11.3～13	12.1～13.5
铬钢	—	11.2	11.8	12.4
40CrSi	—	11.7	—	—
30CrMnSiA	—	11	—	—
3Cr13	—	10.2	11.1	11.6
镍铬合金	—	14.5	—	—
工程用铜	—	16.6～17.1	17.1～17.2	17.6
纯铜	—	17.2	17.5	17.9
黄铜	—	17.8	18.8	20.9
锡青铜	—	17.6	17.9	18.2
铝青铜	—	17.6	17.9	19.2
砖	9.5	—	—	—
水泥、混凝土	10～14	—	—	—
胶木、硬橡皮	64～77	—	—	—
玻璃	—	4～11.5	—	—
赛璐珞	—	100	—	—
有机玻璃	—	130	—	—

1.1.5　常用材料密度（表 1-5）

表 1-5　常用材料的密度

材料名称	密度/($g \cdot cm^{-3}$)	材料名称	密度/($g \cdot cm^{-3}$)	材料名称	密度/($g \cdot cm^{-3}$)
灰铸铁	7.25	锌铝合金	6.3～6.9		
白口铸铁	7.55	铝镍合金	2.7	工业用毛毡	0.3
可锻铸铁	7.3	软木	0.1～0.4	纤维蛇纹石	2.2～2.4
工业铸铁	7.87	胶合板	0.56	角闪石石棉	3.2～3.3
铸钢	7.8	竹材	0.9	工业橡胶	1.3～1.8
钢材	7.85	木炭	0.3～0.5	平胶板	1.6～1.8
高速钢	8.3～8.7	石墨	2～2.2	皮革	0.4～1.2
不锈钢、合金钢	7.9	石膏	2.2～2.4	有机玻璃	1.18～1.19
硬质合金	14.8	凝固水泥块	3.05～3.15	泡沫塑料	0.2
硅钢片	7.55～7.8	混凝土	1.8～2.45	玻璃钢	1.4～2.1
纯铜	8.9	硅藻土	2.2	尼龙	1.04～1.15
黄铜	8.4～8.85	普通黏土砖	1.7	ABS 树脂	1.02～1.08
铝	2.7	黏土耐火砖	2.1	石棉板	1～1.3
锡	7.29	石英	2.5	酒精	0.8
钛	4.51	大理石	2.6～2.7	汽油	0.66～0.75
金	19.32	石灰石	2.6	煤油	0.78～0.82
银	10.5	花岗岩	2.6～3	柴油	0.83
镁	1.74	金刚石	3.5～3.6		

1.1.6　常用材料的摩擦因数（表 1-6）

表 1-6　常用材料的摩擦因数

摩擦副材料	摩擦因数	
	无润滑	有润滑
钢—钢	0.15	0.1～0.12
钢—软钢	0.2	0.1～0.2
钢—铸铁	0.2～0.3	0.05～0.15
钢—黄铜	0.19	0.03

（续）

摩擦副材料	摩擦因数	
	无润滑	有润滑
钢—青铜	0.15～0.18	0.1～0.15
钢—铝	0.17	0.02
钢—轴承合金	0.2	0.04
钢—夹布胶木	0.22	
钢—粉末冶金材料	0.35～0.55	
钢—冰	0.027	
石棉基材料—铸铁或钢	0.25～0.4	0.08～0.12
皮革—铸铁或钢	0.3～0.5	0.12～0.15
木材—铸铁或钢	0.2～0.35	0.12～0.16
软木—铸铁或钢	0.3～0.5	0.15～0.25
钢纸—铸铁或钢	0.3～0.5	0.12～0.17
毛毡—铸铁或钢	0.22	0.18
软钢—铸铁	0.2	0.05～0.15
软钢—青铜	0.2	0.07～0.15
铸铁—铸铁	0.15	0.15～0.16
铸铁—青铜	0.28	0.16
铸铁—皮革	0.55	0.15
铸铁—橡胶	0.8	0.5
橡胶—橡胶	0.5	
皮革—木料	0.4～0.5	
铜—铜	0.2	
黄铜—黄铜	0.17	0.02
黄铜—钢	0.3	0.02
黄铜—硬橡胶	0.25	
黄铜—石板	0.25	
黄铜—绝缘物	0.27	
青铜—黄铜	0.16	
青铜—青铜	0.15～0.2	0.04～0.1
青铜—钢	0.16	
青铜—酚醛树脂层压材	0.23	
青铜—钢纸	0.24	
青铜—塑料	0.21	
青钢—硬橡胶	0.36	
青铜—石板	0.33	
青铜—绝缘物	0.26	
铝—黄铜	0.27	0.02
铝—青铜	0.22	
铝—钢	0.3	
铝—酚醛树脂层压材	0.26	
硅铝合金—酚醛树脂层压材	0.34	
硅铝合金—钢纸	0.32	
硅铝合金—树脂	0.28	
硅铝合金—硬橡胶	0.25	
硅铝合金—石板	0.26	
硅铝合金—绝缘物	0.26	
木材—木材	0.4～0.6	0.1
麻绳—木材	0.5～0.8	

1.1.7　常用材料极限强度的近似关系（表 1-7）

表 1-7　常用材料极限强度的近似关系

材料名称	极限强度					
	对称应力疲劳极限			脉动应力疲劳极限		
	抗压疲劳极限 σ_{-1L}	弯曲疲劳极限 σ_{-1}	扭转疲劳极限 τ_{-1}	拉压脉动疲劳极限 σ_{0L}	弯曲脉动疲劳极限 σ_0	扭转脉动疲劳极限 τ_0
结构钢	$\approx 0.3R_m$	$\approx 0.43R_m$	$\approx 0.25R_m$	$\approx 1.42\sigma_{-1}$	$\approx 1.33R_m$	$\approx 1.5R_m$
铸铁	$\approx 0.225R_m$	$\approx 0.45R_m$	$\approx 0.36R_m$	$\approx 1.42\sigma_{-1L}$	$\approx 1.35R_m$	$\approx 1.35R_m$
铝合金	$\approx R_m/6+$ 73.5MPa	$\approx R_m/6+$ 73.5MPa	$\approx(0.55\sim0.58)$ σ_{-1}			$\approx 1.5\sigma_{-1L}$

1.1.8　机械传动效率和传动比范围（表 1-8）

表 1-8　机械传动效率和传动比范围

类别	传动形式	效率	传动比范围(单级)	
			最大	常用
圆柱齿轮传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度齿轮传动(稀油润滑)	0.98～0.99	10	3～5
	8 级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)	0.97		
	9 级精度的齿轮传动(稀油润滑)	0.96		
	加工齿的开式齿轮传动	0.94～0.96	15	4～6
	铸造齿的开式齿轮传动	0.90～0.93		
锥齿轮传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度齿轮传动(稀油润滑)	0.97～0.98	6	2～3
	8 级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)	0.94～0.97	6	2～3
	开式齿轮传动	0.92～0.95	6	4
蜗杆传动	自锁蜗杆	0.4～0.45	闭式 100 开式 80	10～40
	单头蜗杆	0.7～0.75		
	双头蜗杆	0.75～0.82		
	一头和四头蜗杆	0.8～0.92		
	圆弧面蜗杆传动	0.85～0.95		
带传动	平带无压紧轮的开式传动	0.98	5	2～4
	平带有压紧轮的开式传动	0.97		
	平带交叉传动	0.9		
	V 带传动	0.96	7	
	同步齿形带传动	0.96～0.98		
链传动	焊接链	0.93	6	2～5
	片式关节链	0.95		
	滚子链	0.96		
	无声链	0.97		
丝杠传动	滑动丝杠	0.3～0.6		
	滚动丝杠	0.85～0.95		
绞车卷筒		0.94～0.97		
滑动轴承	润滑不良	0.94		
	润滑正常	0.97		
	润滑特好	0.98		
	液体摩擦	0.99		
滚动轴承	球轴承	0.99		
	滚子轴承	0.98		

（续）

类别	传动形式	效率	传动比范围(单级)	
			最大	常用
摩擦传动	平摩擦传动	0.85～0.92		
	槽摩擦传动	0.88～0.9		
	卷绳轮	0.95		
联轴器	浮动联轴器	0.97～0.99		
	齿轮联轴器	0.99		
	弹性联轴器	0.99～0.995		
	万向联轴器 $\alpha \leqslant 3°$	0.97～0.98		
	万向联轴器 $\alpha > 3°$	0.95～0.97		
	梅花接轴	0.97～0.98		
	液力联轴器	0.95～0.98		
复滑轮组	滑动轴承($i=2\sim6$)	0.98～0.9		
	滚动轴承($i=2\sim6$)	0.99～0.95		
减速器	单级圆柱齿轮减速器	0.97～0.98	8	≤5
	双级圆柱齿轮减速器	0.95～0.96	60	8～40
	单级行星圆柱齿轮减速器	0.95～0.96	20	3～9
	单级行星摆线针轮减速器	0.9～0.97		
	单级圆锥齿轮减速器	0.95～0.96	5	≤3
	双级圆锥-圆柱齿轮减速器	0.94～0.95	直齿 22 斜齿 40	8～15
	无级变速器	0.92～0.95		
	轧机人字齿轮座(滑动轴承)	0.93～0.95		
	轧机人字齿轮座(滚动轴承)	0.94～0.96		
	轧机主减速器(包括主联轴器和电机联轴器)	0.93～0.96		

1.1.9　国内外常用标准代号（见表 1-9、表 1-10）

表 1-9　国内部分标准代号

国内标准代号	标准名称	国内标准代号	标准名称	国内标准代号	标准名称
GB	强制性国家标准	HG	化工行业标准	NY	农业行业标准
GB/T	推荐性国家标准	HJ	环境保护行业标准	QB	轻工业行业标准
GBn	国家内部标准	HY	海洋行业标准	QC	汽车行业标准
GBJ	国家工程建设标准	JB	机械行业标准	QJ	航天工业行业标准
GJB	国家军用标准	JB/ZQ	重型机械联合企业标准	SD	原水利电力标准
ZB	国家专业标准	JB/Z	机械工业指导性技术文件	SH	石油化工行业标准
BB	包装行业标准	JC	建材行业标准	SJ	电子行业标准
CB	船舶行业标准	JG	建筑工业行业标准	SL	水利行业标准
CH	测绘行业标准	JJC	国家计量局标准	SY	石油天然气行业标准
CJ	城市建设行业标准	JT	交通行业标准	TB	铁道行业标准
DL	电力行业标准	KY	中国科学院标准	WJ	兵工民品行业标准
DZ	地质矿业行业标准	LY	林业行业标准	WM	对外经济贸易行业标准
FJ	原纺织工业标准	MH	民用航空行业标准	XB	稀土行业标准
FZ	纺织行业标准	MT	煤炭行业标准	YB	黑色冶金行业标准
GC	金属切削机床标准	MZ	民政工业行业标准	YS	有色冶金行业标准
HB	航空工业行业标准	NJ	农机行业标准	Y、ZBY	仪器、仪表标准

注：1. 标准代号后加“/T”为推荐性标准；在代号后加“/Z”为指导性技术文件。
2. 中国台湾省标准代号是 CNS。

表 1-10　国外部分标准代号

国外标准代号	标准名称	国外标准代号	标准名称	国外标准代号	标准名称
ISO①	国际标准化组织标准	BS	英国标准	KS	韩国标准
IEC	国际电工委员会标准	DIN	德国工业标准	MSZ	匈牙利标准
IDO	联合国工业发展组织标准	VDI	德国工程师协会标准	NB	巴西标准
ANSI②	美国国家标准	CSA	加拿大标准协会标准	NBN	比利时标准
SAE	美国汽车协会标准	UNI	意大利国家标准	NC、UNC	古巴标准
NBS	美国国家标准局标准	SIS	瑞典国家标准	NEN	荷兰标准
ASA	美国标准协会标准	JIS	日本工业标准	NS	挪威标准
AISI	美国钢铁学会标准	JES	日本工业产品标准统一调查会标准	NZS	新西兰标准
AGMA	美国齿轮制造者协会标准	JSME	日本机械学会标准	SNV	瑞士标准协会标准
ASME	美国机械工程师学会标准	JCMA	日本齿轮工业协会标准	STAS	罗马尼亚国家标准
ASTM	美国材料试验标准	DS	丹麦标准	STASH	阿尔巴尼亚国家标准
JSME	美国航空材料的技术规格	ELOT	希腊标准	CSN	原捷克斯洛伐克国家标准
ГОСТ	俄罗斯国家标准	E. S.	埃及标准	SABS	南非标准
AFNOR	法国标准协会标准	IS	印度标准	SFS	芬兰标准
AS	澳大利亚标准	CSK	朝鲜民主主义人民共和国标准	UNE	西班牙标准
NF	法国国家标准				

① ISO 的前身为 ISA。

② ANSI 的前身为 ASA，USASI。

1.2　量和单位

1.2.1　法定计量单位（表 1-11 ~ 表 1-14）

表 1-11　国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	量的符号	单位符号
长度	米	l,L	m
质量	千克(公斤)	m	kg
时间	秒	t	s
电流	安[培]	I	A
热力学温度	开[尔文]	T	K
物质的量	摩[尔]	$n,(\nu)$	mol
发光强度	坎[德拉]	$I,(I_v)$	cd

注：1. 圆括号中的名称是其前面名称的同义词。

2. 方括号中的字在不致引起混淆、误解的情况下可以省略，去掉方括号中的字即为其简称。

表 1-12　含 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	量的符号	SI 导出单位		
		名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	$\alpha,\beta,\gamma,\theta,\psi$	弧度①	rad	$1\text{rad}=1\text{m/m}=1$
立体角	Ω	球面度②	sr	$1\text{sr}=1\text{m}^2/\text{m}^2=1$
频率	f,v	赫[兹]	Hz	$1\text{Hz}=1/\text{s}$
力	F	牛[顿]	N	$1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$
压力,压强,应力	p	帕[斯卡]	Pa	$1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$
能[量],功,热量	E,W,Q	焦[耳]	J	$1\text{J}=1\text{N}\cdot\text{m}$

（续）

量的名称	量的符号	SI 导出单位		
		名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
功率，辐[射能]，通量	P，$\Phi(\Phi_e)$	瓦[特]	W	1W = 1J/s
电荷[量]	Q	库[仑]	C	1C = 1A · s
电压，电动势，电位(电势)	V，E，U	伏[特]	V	1V = 1W/A
电容	C	法[拉]	F	1F = 1C/V
电阻	R	欧[姆]	Ω	1Ω = 1V/A
电导	G	西[门子]	S	1S = 1/Ω
磁通[量]	Φ	韦[伯]	Wb	1Wb = 1V · s
磁通[量]密度，磁感应强度	B	特[斯拉]	T	$1T = 1Wb/m^2$
电感	L	亨[利]	H	1H = 1Wb/A
摄氏温度	t，θ	摄氏度	℃	1℃ = 1K
光通量	$\Phi(\Phi_v)$	流[明]	lm	1lm = 1cd · sr
[光]照度	$E(E_v)$	勒[克斯]	lx	$1lx = 1lm/m^2$

① 弧度是一个圆内两条半径之间的平面角。

② 球面度是一个立体角，其面点位于球心。

表 1-13　我国常用法定计量单位

量	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系	备注
时间	分[钟] [小]时 日，(天)	min h d	1min = 60s 1h = 60min = 3600s 1d = 24h = 86400s	
角度	度 [角]分 [角]秒	(°) (′) (″)	1° = (π/180) rad 1′ = (1/60)° = (π/10800) rad 1″ = (1/60)′ = (π/648000) rad	
长度	海里 公里	n-mile	1 海里 = 1852m 1 公里 = 1km	只用于航程
面积	公亩 公顷	a ha	$1a = 10^2 m^2$ $1ha = 1hm^2 = 10^4 m^2$	
体积、容积	升	L，(l)	$1L = 1dm^3 = 10^{-3} m^3$	
质量	吨	t	$1t = 10^3 kg$	
转速	转每分	r/min	$1r/min = (1/60) s^{-1}$	
压强，(压力)	巴 标准大气压	bar atm	$1bar = 0.1MPa = 10^5 Pa$ 1atm = 101325Pa	
动力黏度	泊	P	1P = 0.1Pa · s	
运动黏度	斯	St	$1St = 1cm^2/s = 10^{-4} m^2/s$	
能、功	瓦小时	W · h	1W · h = 3600J	

表 1-14　用于构成十进倍数和分数单位的 SI 词头表

因数	词头名称		符号	因数	词头名称		符号
	英文	中文			英文	中文	
10^{24}	yotta	尧[它]	Y	10^{-1}	deci	分	d
10^{21}	zetta	泽[它]	Z	10^{-2}	centi	厘	c
10^{18}	exa	艾[可萨]	E	10^{-3}	milli	毫	m
10^{15}	peta	拍[它]	P	10^{-6}	micro	微	μ
10^{12}	tera	太[拉]	T	10^{-9}	nano	纳[诺]	n
10^{9}	giga	吉[咖]	G	10^{-12}	pico	皮[可]	p
10^{6}	mega	兆	M	10^{-15}	femto	飞[母托]	f
10^{3}	kilo	千	k	10^{-18}	atto	阿[托]	a
10^{2}	hecto	百	h	10^{-21}	zepto	仄[普托]	z
10^{1}	deca	十	da	10^{-24}	yocto	幺[科托]	y

1.2.2　常用单位换算（表 1-15）

表 1-15　常用计量单位及换算

量的名称	法定计量单位		非法定计量单位		换算关系
	名称	符号	名称	符号	
长度	米	m	埃	Å	$1Å = 0.1nm = 10^{-10}m$
			英尺	ft	$1ft = 0.3048m = 304.8mm$
			英寸	in	$1in = 0.0254m = 25.4mm$
			英里	mile	$1mile = 1609.344m$
面积	平方米	m^2	公亩	a	$1a = 10^2m^2$
			公顷	ha	$1ha = 10^4m^2$
			平方英尺	ft^2	$1ft^2 = 0.0929030m^2$
体积、容积	立方米	m^3	立方英尺	ft^3	$1ft^3 = 0.0283168m^3 = 28.3168dm^3$
	升	L(l)	英加仑	UKgal	$1UKgal = 4.54609dm^3$
			美加仑	USgal	$1USgal = 3.78541dm^3$
质量	千克(公斤)	kg	磅	lb	$1lb = 0.45359237kg$
	吨	t	长吨(英吨)	ton	$1ton = 1016.05kg$
			短吨(美吨)	shton	$1shton = 907.185kg$
			盎司	oz	$1oz = 28.3495g$
温度	开[尔文]	K	华氏度	℉	$℉ = \frac{9}{5}K - 459.67 = \frac{9}{5}℃ + 32$
	摄氏度	℃			$K = ℃ + 273.15 = \frac{5}{9}(℉ + 459.67)$ $℃ = K - 273.15 = \frac{5}{9}(℉ - 32)$
速度	米每秒	m/s	英里每小时	mile/h	$1mile/h = 0.44704m/s$
	米每分	m/min	英尺每秒	ft/s	$1ft/s = 0.3048m/s$
加速度	米每平方秒	m/s^2	伽	Gal	$1Gal = 10^{-2}m/s^2$
角速度	弧度每秒	rad/s	度每秒	(°)/s	$1(°)/s = 0.01745rad/s$
力、重力	牛[顿]	N	达因	dyn	$1dyn = 10^{-5}N$
			千克力	kgf	$1kgf = 9.80665N$
			磅力	lbf	$1lbf = 4.44822N$
力矩	牛[顿]米	N·m	千克力米	kgf·m	$1kgf·m = 9.80665N·m$
			磅力英尺	lbf·ft	$1lbf·ft = 1.35582N·m$
压力、压强	帕[斯卡]	Pa	巴	bar	$1bar = 0.1MPa = 10^5Pa$
			托(=毫米汞柱)	Torr(=mmHg)	$1Torr(=1mmHg) = 133.3224Pa$
			毫米水柱	mmH_2O	$1mmH_2O = 9.80665Pa$
			标准大气压	atm	$1atm = 101325Pa$
			千克力每平方厘米(工程大气压)	$kgf/cm^2(at)$	$1kgf/cm^2(at) = 9.80665 \times 10^4Pa$
应力	帕[斯卡]	Pa	千克力每平方毫米	kgf/mm^2	$1kgf/mm^2 = 9.80665 \times 10^6Pa$
动力黏度	帕[斯卡]秒	Pa·s	泊	P	$1P = 0.1Pa·s$
			厘泊	cP	$1cP = 10^{-3}Pa·s$
运动黏度	平方米每秒	m^2/s	斯[托克斯]	St	$1St = 10^{-4}m^2/s$
			里斯[托克斯]	cSt	$1cSt = 10^{-6}m^2/s$
能量、功、热	焦[耳] 千瓦小时	J kW·h	尔格	erg	$1erg = 10^{-7}J$
			千克力米	kgf·m	$1kgf·m = 9.80665J$
			卡	cal	$1cal = 4.1868J$
			英热单位	Btu	$1Btu = 1055.06J$

（续）

量的名称	法定计量单位		非法定计量单位		换算关系
	名称	符号	名称	符号	
功率	瓦[特]	W	千克力米每秒	kgf · m/s	1kgf · m/s = 9.80665W
			马力	Ps	1Ps = 735.499W
			英马力	hp	1hp = 745.7W
			电工马力	—	1 电工马力 = 746W
			卡每秒	cal/s	1cal/s = 4.1868W
密度	千克每立方米	kg/m^3	磅每立方英尺	lb/ft^3	$1lb/ft^3 = 16.0185kg/m^3$
比体积	立方米每千克	m^3/kg	立方英尺每磅	ft^3/lb	$1ft^3/lb = 0.0624280m^3/kg$
质量流量	千克每秒	kg/s	磅每秒	lb/s	1lb/s = 0.453592kg/s
			磅每小时	lb/h	$1lb/h = 1.25998 \times 10^{-4}kg/s$
体积流量	立方米每秒	m^3/s	立方英尺每秒	ft^3/s	$1ft^3/s = 0.0283168m^3/s$
	升每秒	L/s	立方英尺每小时	in^3/h	$1in^3/h = 4.55196 \times 10^{-6}L/s$
比热容、比熵	焦[耳]每千克开[尔文]	J/(kg · K)	千卡每千克开[尔文]	kcal/(kg · K)	1kcal/(kg · K) = 4186.8J/(kg · K)
			英热单位每磅华氏度	Btu/(lb · ℉)	1Btu/(lb · ℉) = 4186.8J/(kg · K)

第 2 章　机 械 制 图

2.1　基本规定

2.1.1　图框格式和图幅尺寸（图 2-1、图 2-2、表 2-1）

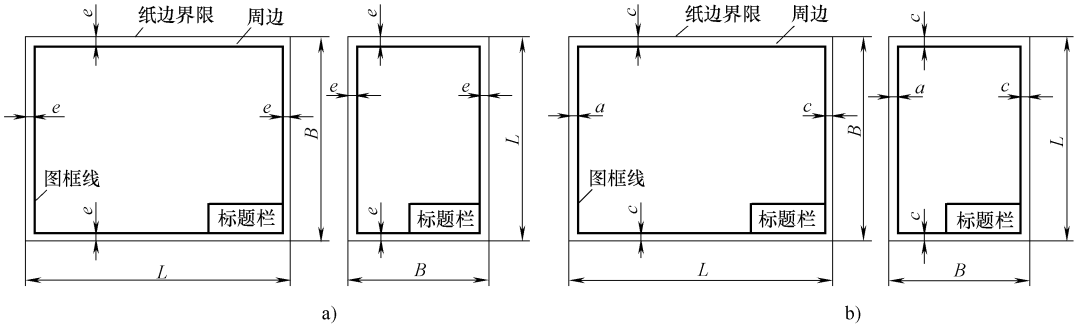


图 2-1　图纸幅面（GB/T 14689—2008）

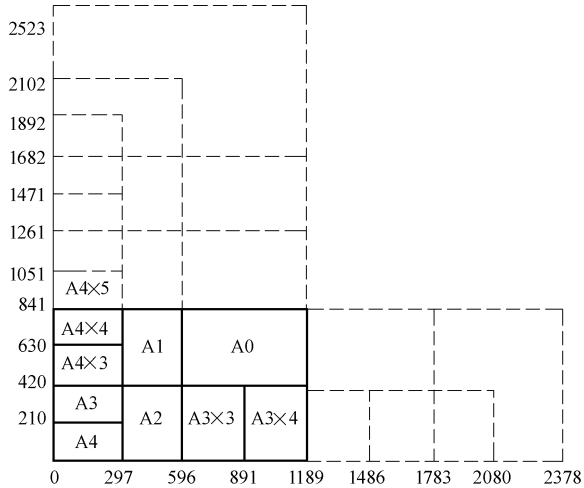
a）不留装订线的幅面及格式　b）留装订线的幅面及格式

表 2-1　图幅尺寸（GB/T 14689—2008）　（mm）

基本幅面(第一选择)及装订尺寸					
幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

加长幅面			
加长幅面(第二选择)		加长幅面(第三选择)	
幅面代号	$B \times L$	幅面代号	$B \times L$
A3 × 3	420 × 891	A0 × 2	1189 × 1682
A3 × 4	420 × 1189	A0 × 3	1189 × 2523
A4 × 3	297 × 630	A1 × 3	841 × 1738
A4 × 4	297 × 841	A1 × 4	841 × 2378
A4 × 5	297 × 1051	A2 × 3	594 × 1261
		A2 × 4	594 × 1682
		A2 × 5	594 × 2102
		A3 × 5	420 × 1486
		A3 × 6	420 × 1783
		A3 × 7	420 × 2080
		A4 × 6	297 × 1261
		A4 × 7	297 × 1471
		A4 × 8	297 × 1682
		A4 × 9	297 × 1892

注：加长幅面的图框尺寸，按所选用的基本幅面大一号的图框尺寸确定。例如 A2 × 3 的图框尺寸，按 A1 的图框尺寸确定，即 e 为 20（或 c 为 10），而 A3 × 4 的图框尺寸，按 A2 的图框尺寸确定，即 e 为 10（或 c 为 10）。

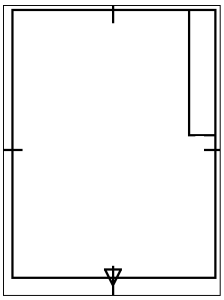
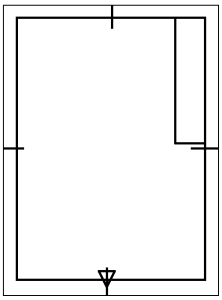
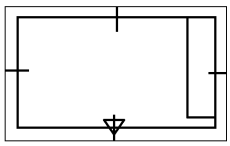
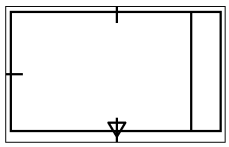


图中粗实线所示为表 2-1 所规定的基本幅面（第一选择）以及加长幅面（第二选择）；虚线所示为表 2-1 所规定的加长幅面（第三选择）。

图 2-2　图纸幅面（GB/T 14689—2008）

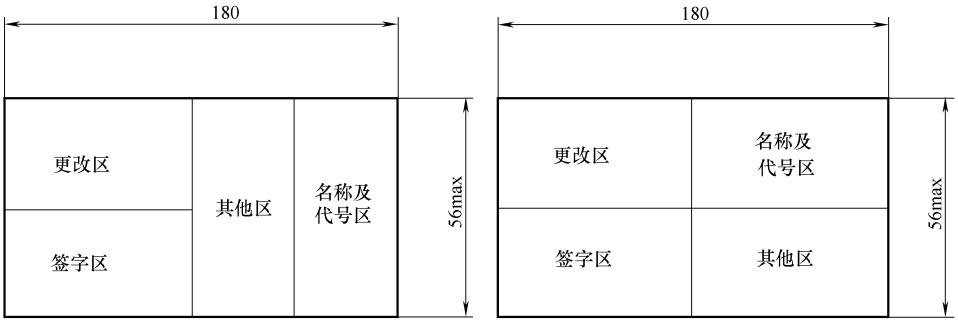
2.1.2　标题栏和明细栏（表 2-2 ~ 表 2-4）

表 2-2　标题栏的位置（GB/T 10609.1—2008）

X 型图纸	Y 型图纸
 	 

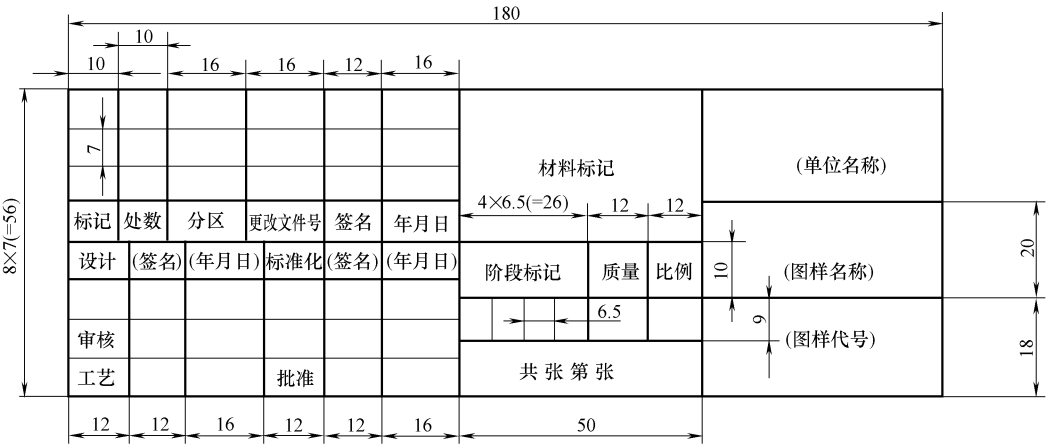
注：标题栏的位置必须位于图纸的右下角，看图的方向必须与看标题栏的方向一致。

表 2-3　标题栏的格式与尺寸（GB/T 10609.1—2008）

尺寸与格式	

（续）

格式与举例



注：1. 每张图都必须画出标题栏，标题栏的位置必须位于图纸的右下角，看图的方向必须与看标题栏的方向一致。

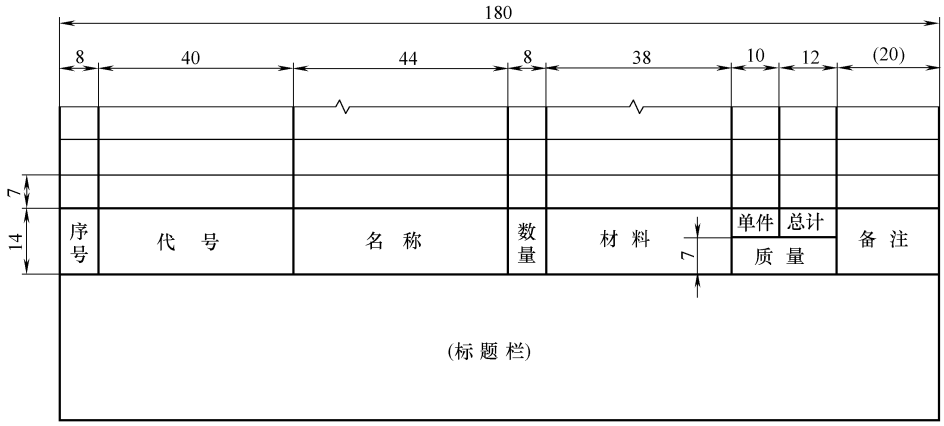
2. 更改区中的内容应按由下而上的顺序填写，也可以根据实际情况顺延；或放在图样中其他地方，但应有表头。

3. 分区：必要时按照有关规定填写。

4. 标记：按照有关规定或要求填写更改标记。

5. 质（重）量：填写所绘制图样的相应产品的计算质（重）量，以千克（公斤）为计量单位时，允许不写其中的计量单位。

表 2-4　标题栏明细表（GB/T 10609. 2—2009）



注：1. 明细栏一般由序号、代号、名称、数量、材料、质（重）量（单件、总计）、分区、备注等组成，也可按实际需要增加或减少。

2. 明细栏作为装配图的续页，按 A4 幅面单独给出。

3. 明细栏填写说明：

1）序号：填写图样中相应组成部分的序号。

2）代号：填写图样中的相应组成部分的图样代号或标准号。

3）名称：填写图样中相应组成部分的名称。必要时，也可写出其形式与尺寸。

4）数量：填写图样中相应组成部分在装配中所需要的数量。

5）材料：填写图样中相应组成部分的材料标记。

6）质（重）量：填写图样中相应组成部分单件和总件数的计算质（重）量。以千克（公斤）为计量单位时，允许不写出其计量单位。

7）分区：必要时，应按照有关规定将分区代号填写在备注栏中。

8）备注：填写该项的附加说明或其他有关的内容。

2.1.3　比例（表 2-5）

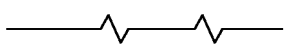
表 2-5　图样比例（GB/T 14690—1993）

原值比例	1∶1	应用说明
缩小比例	1∶2　1∶5　1∶10 $1:2\times10^n$　$1:5\times10^n$　$1:1\times10^n$ （1∶1.5）（1∶2.5）（1∶3）（1∶4）（1∶6） $(1:1.5\times10^n)$　$(1:2.5\times10^n)$ $(1:3\times10^n)$　$(1:4\times10^n)$ $(1:6\times10^n)$	1. 绘制同一机件的各个视图时，应尽可能采用相同的比例，使绘图和看图都很方便 2. 比例应标注在标题栏的比例栏内，必要时，可在视图名称的下方或右侧标注比例，如： $\frac{1}{2:1}$　$\frac{A}{1:10}$　$\frac{B—B}{2.5:1}$　$\frac{墙板位置图}{1:100}$　$\frac{平面图}{1:50}$
放大比例	5∶1　2∶1 $5\times10^n:1$　$2\times10^n:1$　$1\times10^n:1$ （4∶1）（2.5∶1） $(4\times10^n:1)$ $(2.5\times10^n:1)$	3. 当图形中孔的直径或薄片的厚度等于或小于 2mm，以及斜度和锥度较小时，可不按比例面夸大画出 4. 表格图或空白图不必标注比例

注：n 为正整数。优先选用不带括号的比例，必要时，也允许选用括号内的比例。

2.1.4　线型（表 2-6）

表 2-6　机械制图中的线型及应用

图线名称	线型	代码 No.	宽度	一般应用
细实线	————	01.1	细	过渡线、尺寸线、尺寸界线、指引线和基准线、剖面线、重合断面的轮廓线、短中心线、螺纹牙底线、尺寸线的起止线、表示平面的对角线、零件成形前的弯折线、范围线及分界线、重复要素表示线、锥形结构的基面位置线、叠片结构位置线、辅助线、不连续同一表面连线、成规律分布的相同要素连线、投影线、网络线
波浪线				断裂处边界线；视图与剖视图的分界线
双折线				断裂处边界线；视图与剖视图的分界线
粗实线	━━━━	01.2	粗	可见棱边线、可见轮廓线、相贯线、螺纹牙顶线、螺纹长度终止线、齿顶圆（线）、表格图、流程图中的主要表示线、系统结构线（金属结构工程）、模样分型线、剖切符号用线
细虚线	— — — — — — —	02.1	细	不可见棱边线、不可见轮廓线
粗虚线	━ ━ ━ ━ ━ ━	02.2	粗	允许表面处理的表示线
细点画线	— · ——— · —	04.1	细	轴线、对称中心线、分度圆线、孔系分布的中心线、剖切线
粗点画线	━ · ━━ · ━	04.2	粗	限定范围表示线
细双点画线	—— · · ——	05.1	细	相邻辅助零件的轮廓线、可动零件极限位置的轮廓线、重心线、成形前轮廓线、剖切面前的结构轮廓线、轨迹线、毛坯图中制成品的轮廓线、特定区域线、延伸公差带表示线、工艺用结构的轮廓线、中断线

图线组别和图线宽度/mm	线型组别		0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2	说明
	与线型代码对应的线型宽度	01.2 02.2 04.2	0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2	1. 在机械图样中采用粗、细两种宽度，它们之间的比例为 2∶1 2. 线性组别 0.5 和 0.7 为优先采用的图线组别 3. 图线组别和图线宽度的选择，应根据图样的类型、尺寸、比例和缩微复制的要求确定
		01.1 02.1 04.1 05.1	0.13	0.18	0.25	0.35	0.5	0.7	1	

注：1. GB/T 4457.4—2002 是对 GB/T 17450—1998 的补充，即补充规定机械图样中的各种线型的具体应用，GB/T 17450 是 GB/T 4457.4—2002 的基础。图线标准中所涉及的基本线型的结构、尺寸、标记和绘制规则见 GB/T 17450—1998。
2. 对图线缩微复制的要求见 GB/T 10609.4—2009。

2.1.5　剖面符号（表 2-7）

表 2-7　剖面区域表示法（GB/T 4457.5—2013）

金属材料 （已有规定剖面符号者除外）		木质胶合板 （不分层数）	
线圈绕组元件		基础周围的泥土	
转子、电枢、变压器和 电抗器等的叠钢片		混凝土	
非金属材料 （已有规定剖面符号者除外）		钢筋混凝土	
型砂、填砂、粉末冶金、砂轮、 陶瓷刀片、硬质合金刀片等		砖	
玻璃及供观察用的 其他透明材料		格网 （筛网、过滤网等）	
木材　纵断面		液体	
木材　横断面			

注：1. 剖面符号仅表示材料的类型，材料的名称和代号另行注明。
2. 叠钢片的剖面线方向，应与束装中叠钢片的方向一致。
3. 液面用细实线绘制。

2.2　图样画法

2.2.1　投影法

投影法是在平面上表示空间物体的方法分为中心投影法和平行投影法，平行投影法又分斜投影和正投影（表 2-8 ~ 表 2-10）。因为正投影法投影大小与物体和投影面之间的距离无关，度量性较好，所以工程中常用的是平行投影法中的正投影法，即机件的图形按正投影法绘制，投影线垂直于投影面。

工程上视图通常指用正投影法绘制的物体的投影图，一般只画机件的可见部分。

表 2-8　正投影特性

直线的投影特性	平行 直线平行投影面 时，投影等于实线长度	垂直 直线垂直投影面 时，投影积聚成一点	倾斜 直线倾斜投影面 时，投影短于原线段

（续）

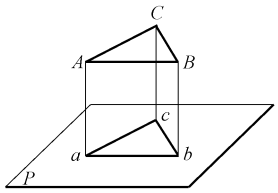
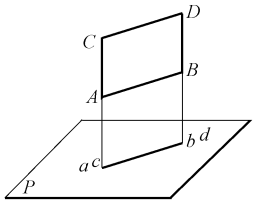
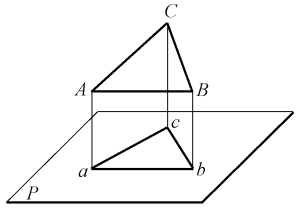
平面的投影特性			
	平面平行投影面时，投影形状与实形相同	平面垂直投影面时，投影积聚成直线	平面倾斜投影面时，投影类似原平面

表 2-9　正投影体系的建立和视图的形成

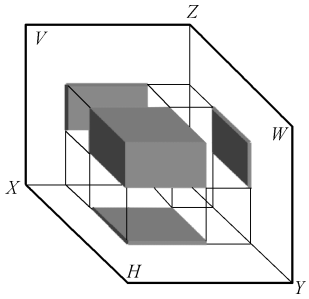
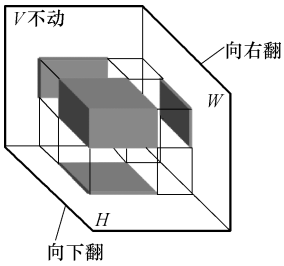
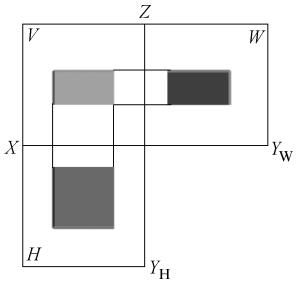
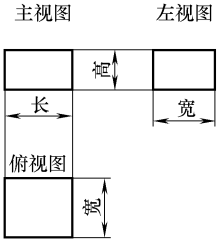
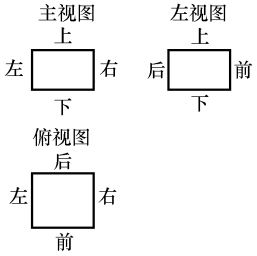
投影体系的建立	展开	物体的三视图
 *V*——正投影面（正面直立位置） *H*——水平投影面（水平位置） *W*——侧投影面（侧立位置）		

表 2-10　正投影视图之间的投影对应关系

尺寸对应关系	方位对应关系	视图之间的投影规律	画物体三视图的要点
		• 主、俯视图——长对正 • 主、左视图——高平齐 • 左、俯视图——宽相等	1. 将物体自然放平，一般使主要表面与投影面平行或垂直 2. 应用投影规律时应注意整体和局部都要符合三等规律 3. 看不见的线画虚线，虚线与实线重合时画实线 4. 特别应注意俯、左视图宽相等和前、后方位关系

2.2.2　视图

本节内容是根据 GB/T 17451—1998、GB/T 4458.1—2002 编写。

1. 基本视图

基本视图——向基本投影面投影所得的视图。基本投影面规定为正六面体的六个面，各投影面的展开方法见图 2-3。

基本视图名称及其投影方向的规定：主视图——由前向后投影所得的视图；俯视图——由上向下投影所得的视图；左视图——由左向右投影所得的视图；右视图——由右向左投影所得的视图；仰视图——由下向上投影所得的视图；后视图——由后向前投影所得的视图。

基本视图的配置关系见图 2-4。

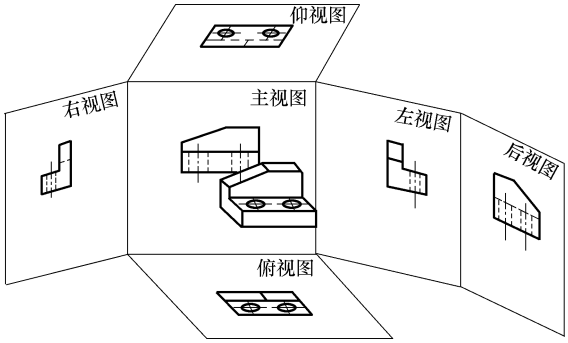


图 2-3　基本投影面及视图展开的方式

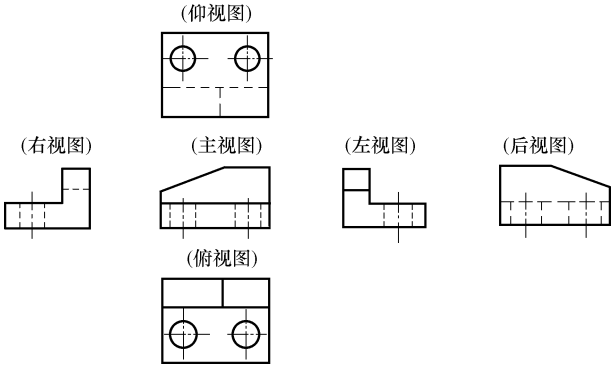


图 2-4　基本视图的配置关系

2. 向视图

可以自由配置的图称向视图。

在同一张图纸内按基本视图配置视图时，一律不标注视图的名称。如不能按基本视图配置视图时，应在视图的上方标出视图的字母名称，在相应的视图附近用箭头指明投影方向，并注上同样的字母。图 2-5 就是将图 2-4 的右视图、仰视图和后视图三个视图画成 A、B、C 三个向视图，并自由配置在图纸适当位置。

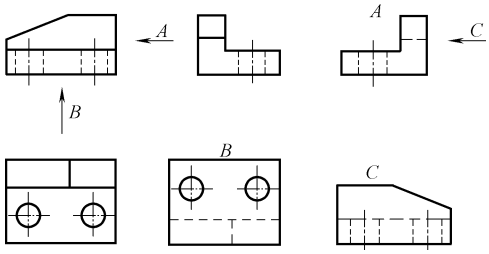


图 2-5　向视图示例

3. 局部视图

局部视图：将机件的某一部分向基本投影面投影所得的视图。有两种情况：

1）用于表达机件的局部形状，如图 2-6 及图 2-7。

画局部视图时，一般可按向视图的配置形式配置，如图 2-6*A*、*B*、*C* 视图。

当局部视图按基本视图的配置形式配置时，可省略标注，如 2-7 的俯视图。

局部视图的断裂边界用波浪形或双点画线表示，如图 2-6 中的 *B*、*C* 视图所示。当所表示的局部结构的外形轮廓是完整的封闭图形时，断裂边界线可省略不画。

2）为了节省绘图时间和图幅，对称构件或零件的视图可只画 1/2 或 1/4，并在对称中心线两端画出两条与其垂直的平行细实线，如图 2-8、图 2-9 所示。

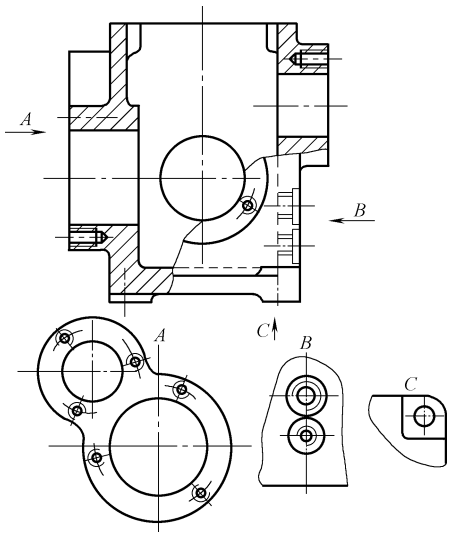


图 2-6　局部视图 1

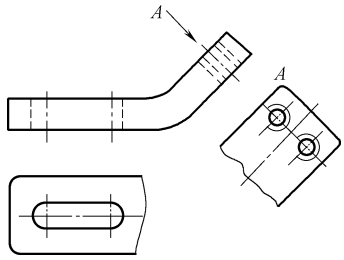


图 2-7　局部视图 2

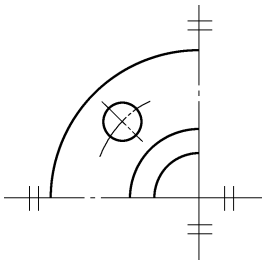


图 2-8　局部视图 3

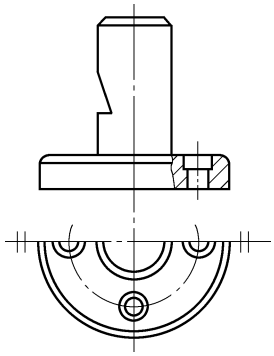


图 2-9　局部视图 4

4. 斜视图

斜视图是机件向不平行于任何基本投影面的平面投影所得的视图，用于表达机件上倾斜结构的真实情况。

斜视图通常按向视图的配置形式配置并标注，如图 2-7 中的 *A* 向视图。

必要时，允许将斜视图旋转配置。此时应在该斜视图上方画出旋转符号，表示该视图名称的大写拉丁字母应靠近旋转符号的箭头端，如图 2-10 中的 *A* 向视图。也允许将旋转角度标注在字母之后，如图 2-11 中的 *A* 向视图。

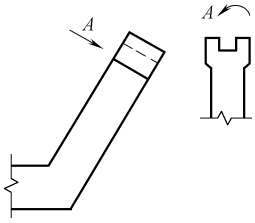


图 2-10　斜视图 1

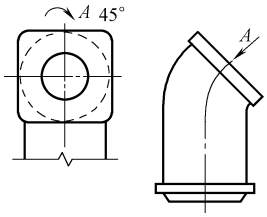


图 2-11　斜视图 2

旋转符号为带有箭头的半圆，半圆的线宽等于字体笔画宽度，半圆的半径等于字体的高度，箭头表示旋转方向。

2.2.3　剖视图

当机件的内部形状较复杂时，视图上将出现许多虚线，不便于看图和标注尺寸，可采用剖视图。

1. 剖视图的形成

假想用剖切面剖开机件，将处在观察者和剖切面之间的部分移去，而将其余部分向投影面投影所得的图形，并在剖面区域内画上剖面符号。

2. 剖视图的画法

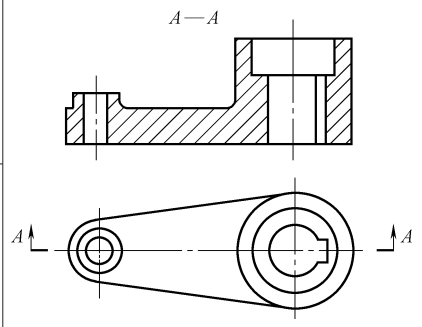
1）确定剖切面的位置，剖切面应平行于投影面并通过内部结构的对称面。

2）判断移走部分剖面区域的形状，在剖面区域内画上剖面符号（剖面线），常见材料的剖面符号见表 2-7。

3. 剖视图的标注

剖视图的标注内容及示例见表 2-11。

表 2-11　剖视图标注

标注内容	说明	标注图形示例
剖切线	指示剖切面的位置（细单点长画线），一般情况下可省略	
剖切符号	表示剖切面起始、终止和转折位置及投射方向	
剖视图的名称	一般应在剖视图的上方用大写字母标出剖视图的名称“×—×”。在相应的视图上用剖切符号表示剖切位置，用箭头表示投影方向，并注上同样的字母。当剖视图按投影关系配置，中间又没有其他图形隔开时，可省略箭头	A—A

注：1. 剖视图按基本视图关系配置时，可省略箭头。

2. 当单一剖切面通过机件的对称（或基本对称）平面，且剖视图按基本视图关系配置时，可不标注。

4. 画剖视图的注意事项

1）剖切平面的选择：通过机件的对称面或轴线且平行（或垂直）于投影面。

2）剖切是一种假想，其他视图仍应完整画出，并可取剖视。

3）剖切面后方的可见部分要全部画出，不要漏线。

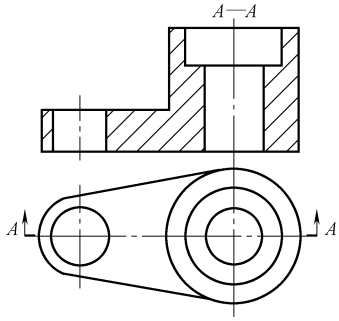
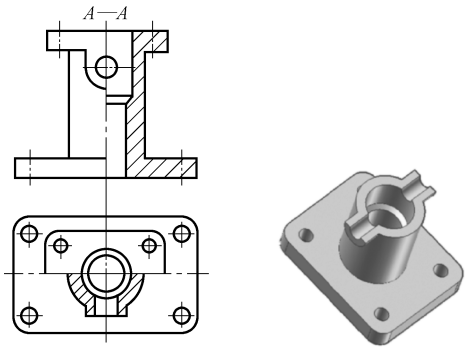
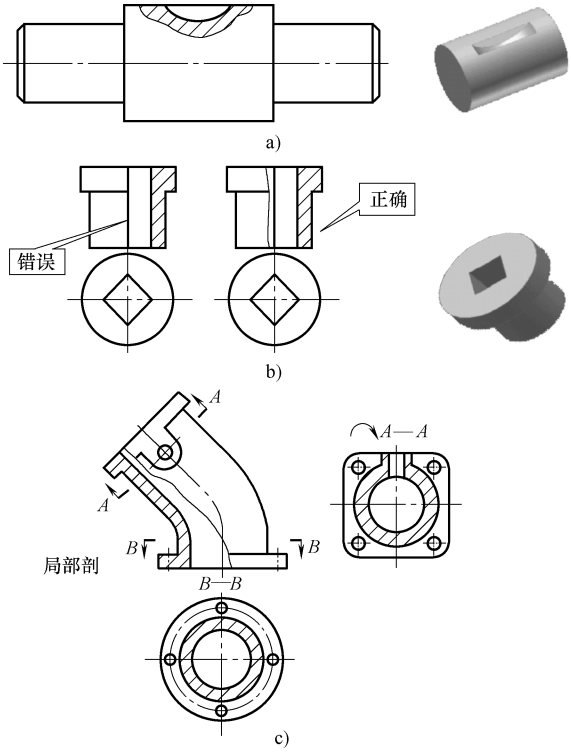
4）在剖视图上已经表达清楚的结构，在其他视图上此部分结构的投影为虚线时，其虚线省略不画。但没有表示清楚的结构，允许画少量虚线。

5）不需在剖面区域中表示材料的类别时，剖面符号可采用通用剖面线表示。通用剖面线为细实线，最好与主要轮廓或剖面区域的对称线成 45°角；同一物体的各个剖面区域，其剖面线画法应一致。

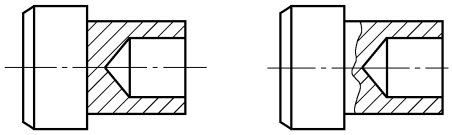
5. 剖视图的分类及应用

剖视图的分类及应用场合见表 2-12。

表 2-12　剖视图分类及应用

剖视图分类	图形示例	应用场合
全剖视图		用剖切平面完全地剖开机件所得的剖视图。适用范围:外形较简单,内形较复杂,而图形又不对称时
半剖视图		当机件具有对称平面时,在垂直于对称平面的投影面上投影所得的图形,可以对称中心线为界,一半画成剖视,另一半画成视图,如图 半剖视适用范围:内、外形都需要表达,而形状又基本对称时
局部剖视图		用剖切平面局部地剖开物体所得的剖视图 局部剖视图用波浪线分界,波浪线不应和图样上其他图线重合。当被剖结构为回转体时,允许将该结构的中心线作为局部剖视与视图的分界线 实心杆上有孔、槽时,应采用局部剖视,如图 a 当对称机件的轮廓线与中心线重合,不宜采用半剖视时,采用局部剖,如图 b 所示 当机件的内外形都较复杂,而图形又不对称时,采用局部剖,如图 c 画局部剖应注意的问题: 1. 波浪线不能与图上的其他图线重合 2. 波浪线不能穿空而过,也不能超出视图的轮廓线 3. 在一个视图中,局部剖的数量不宜超过三个,以免影响看图

（续）

剖视图分类	图形示例	应用场合
局部剖视图	 d)	

2.2.4　局部放大图（GB/T 4458.1—2002）

本节内容是根据 GB/T 4458.1—2002 编写。

当机件上的某些细小结构在原图形中表示得不清楚，或不便于标注尺寸时，就可采用局部放大图。

1）局部放大图是将机件的部分结构用大于原图形所采用的比例画出的图形。局部放大图可画成视图、剖视图、剖面图或断面图，它与原视图上被放大部分的表达方式无关，局部放大图应尽量配置在被放大部位的附近，如图 2-12 所示。

2）绘制局部放大图时，除螺纹牙型、齿轮和链轮的齿形外，应将被放大部分用细实线圈出。若在同一机件上有几处需要放大画出时，用罗马数字标明放大的顺序，并在相应的局部放大图的上方标出相应的罗马数字及所用比例，以便区别，如图 2-13 所示。若机架上只有一处需要放大时，只需在局部放大图的上方注明所采用的比例，如图 2-14 所示。如同一个机架上不同部位的局部放大图，当图形相同或对称时，只需画出一个，如图 2-15 所示。

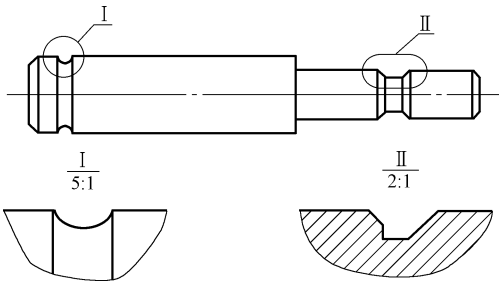


图 2-12　局部放大图 1

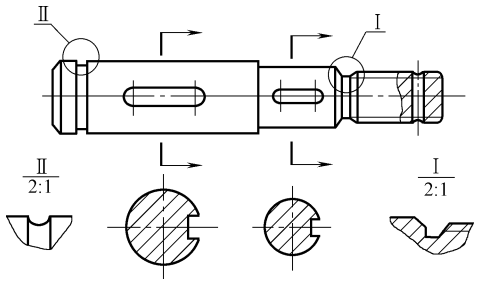


图 2-13　局部放大图 2

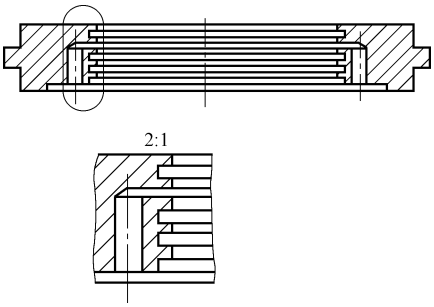


图 2-14　仅有一个部位的局部放大图

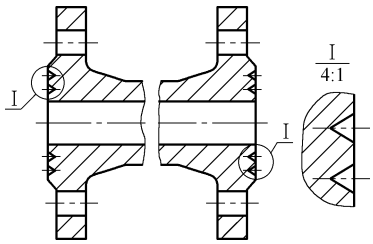


图 2-15　放大部位图形相同的局部放大图

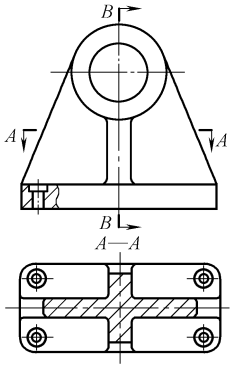
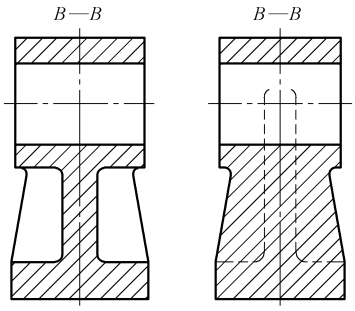
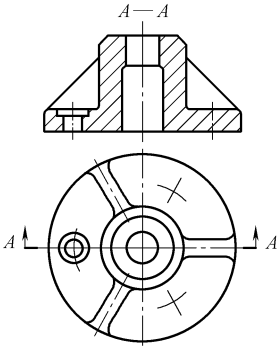
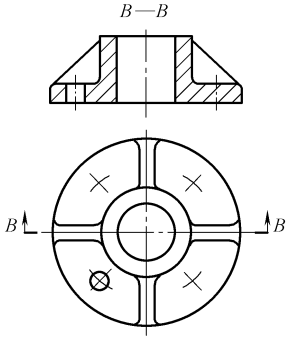
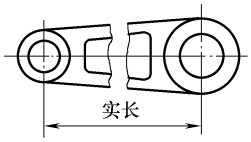
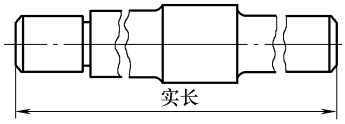
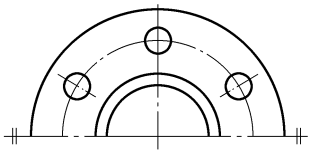
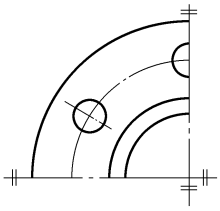
2.2.5　简化画法及其他规定画法

本节内容是根据 GB/T 17451—1998、GB/T 4458.1—2002 编写。

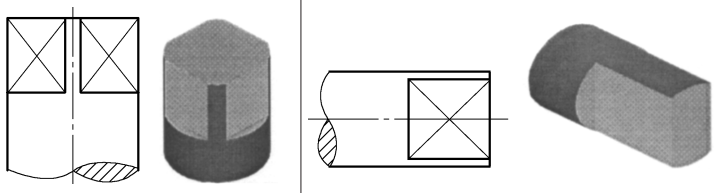
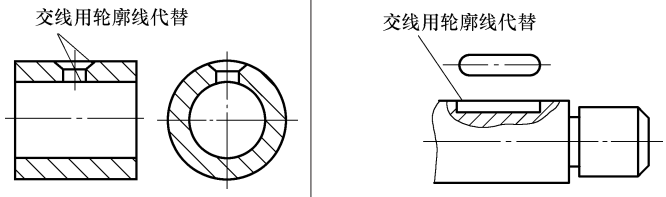
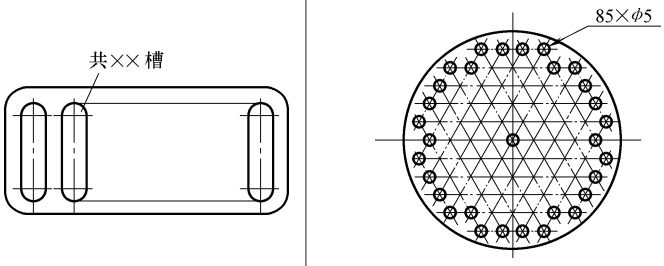
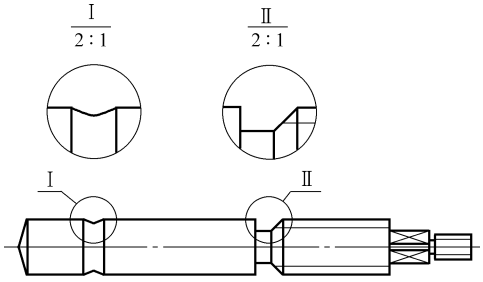
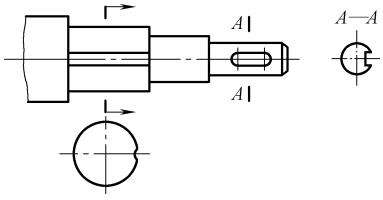
1. 剖视图和断面图中规定的简化画法

工程中常见的剖视图和断面图规定简化画法示例见表 2-13。

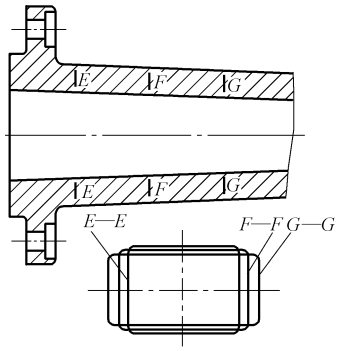
表 2-13　常见剖视图和断面图简化画法示例

名称	画法		规则
肋板的画法		 a) 正确画法　b) 错误画法	对于机件的肋板，如按纵向剖切，肋板不画剖面符号，而用粗实线将它与其邻接部分分开，如图 a
均匀分布的肋板及孔的画法	 a) 肋不对称画成对称	 b) 孔未剖到画成剖到	若干直径相同且成规律分布的孔，可以仅画出一个或几个，其余只需用细点画线表示其中心位置 注意： 1. 肋不对称画成对称，如图 a 2. 孔未剖到画成剖到，如图 b
断开画法	 拉杆轴套断开画法	 阶梯轴断开画法	轴、杆类较长机件当沿长度方向形状相同或按一定规律变化时，允许断开画出 但注意：标注尺寸时，仍注实长
对称图形的画法			在不致引起误解时，可只画一半或四分之一。并在对称中心线的两端画出两条与其垂直的平行细实线

（续）

名称	画法	规则
机件上小平面的画法		当回转体机件上的平面在图形中不能充分表达时，可用相交的两条细实线表示
小孔、铣键槽等		圆柱体上因钻小孔、铣键槽等出现的交线允许省略，但必须有其他视图清楚地表示了孔、槽的形状
相同结构要素并按一定的规律分布		当机件上有若干相同的结构要素并按一定的规律分布时，只需画出几个完整的结构要素，其余的用细实线连接或画出其中心位置
部分结构图形过小		当机件上部分结构的图形过小时，可以采用局部放大的比例画出
剖面符号可省略		在不引起误会的情况下，剖面符号可省略，如图所示

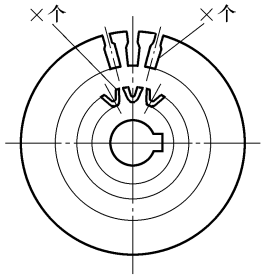
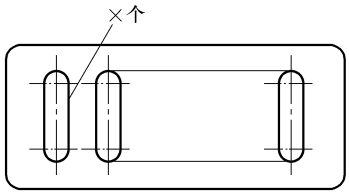
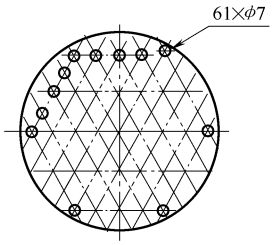
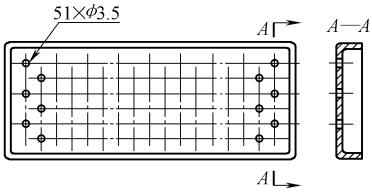
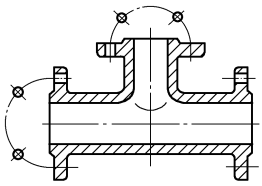
（续）

名称	画法	规则
系列断面图表示机件上较复杂的曲面		用一系列断面图表示机件上较复杂的曲面时，可只画出断面图轮廓，并可配置在同一个位置上

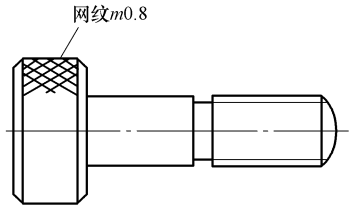
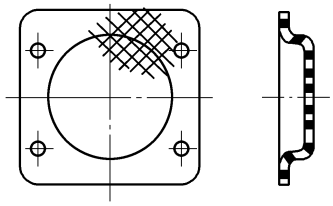
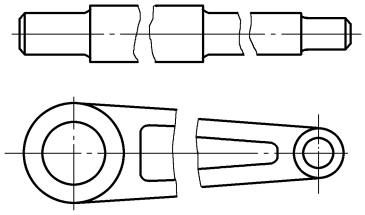
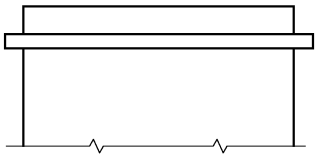
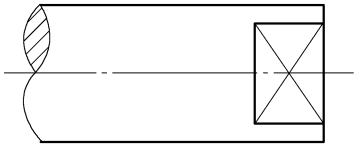
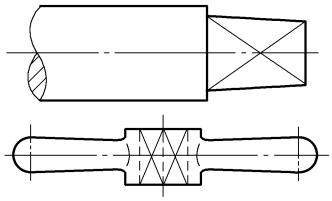
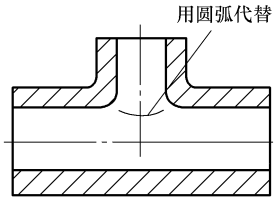
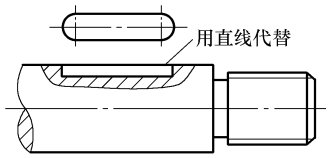
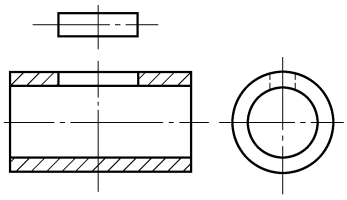
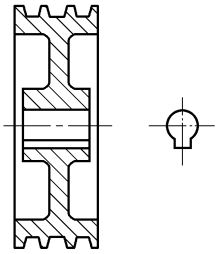
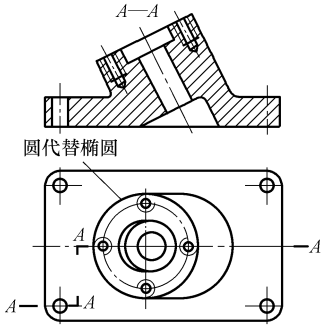
2. 其他常见规定和简化画法

其他常见规定和简化画法示例见表 2-14。

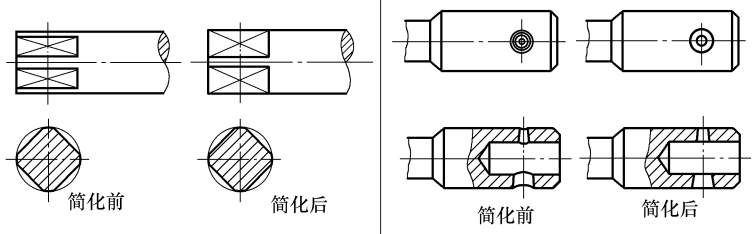
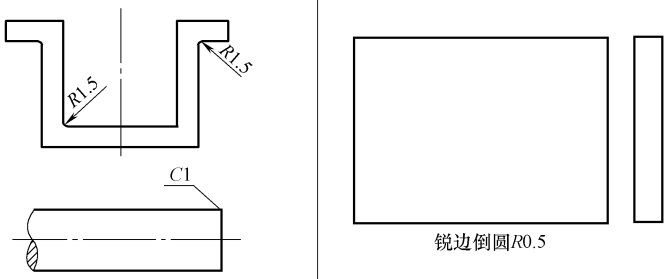
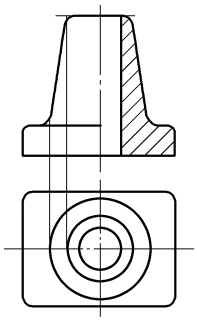
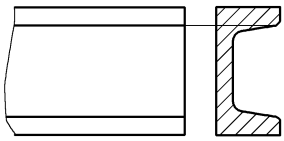
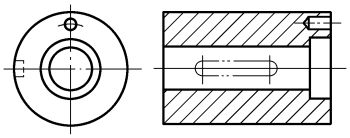
表 2-14　其他常见规定和简化画法示例

名称	画法		规则
重复性结构的画法			当机件具有若干相同结构（如齿、槽等）并按一定规律分布时，只需画出几个完整的结构，其余用细实线连接，但必须注明该结构的总数，如图所示
直径相同并按规律分布的孔、管道			若干直径相同并按规律分布的孔、管道等，可以仅画出一个或几个，其余只需表明其中心位置，如图所示
按圆周分布的孔的画法			圆盘形法兰和类似结构上按圆周均匀分布的孔，可按图示方式表示

（续）

名称	画法		规则
网状物及滚花表面画法			网状物及滚花表面画法：网状物、编织物或机件上的滚花部分，可在轮廓线之内示意地画出一部分粗实线网状结构，并加旁注或在技术要求中注明这些结构的具体要求，如图所示
断裂的画法			较长的机件（轴、杆、型材、连杆等）沿其长度方向的形状一致或按一定规律变化时，可断开后缩短绘制。折断线一般采用波浪形或双折线（均为细实线），如图所示
一些细部结构的画法			机件上的小平面在图形中不能充分表达时，可用平面符号（相交的两条细实线）表示，如图所示
非圆曲线的过渡线及相贯线			在不引起误解时，非圆曲线的过渡线及相贯线允许简化为圆弧或直线，如图所示
个别的孔、槽简化画法			零件上个别的孔、槽等结构可用简化的局部视图表示其轮廓实形，如图所示
倾斜角小的圆或圆弧			与投影面倾斜角度等于或小于 30° 的圆或圆弧，其投影可用圆或圆弧来代替，如图所示

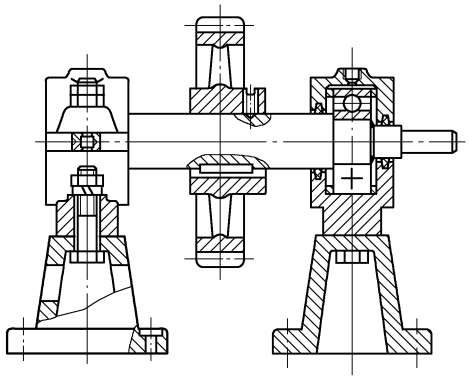
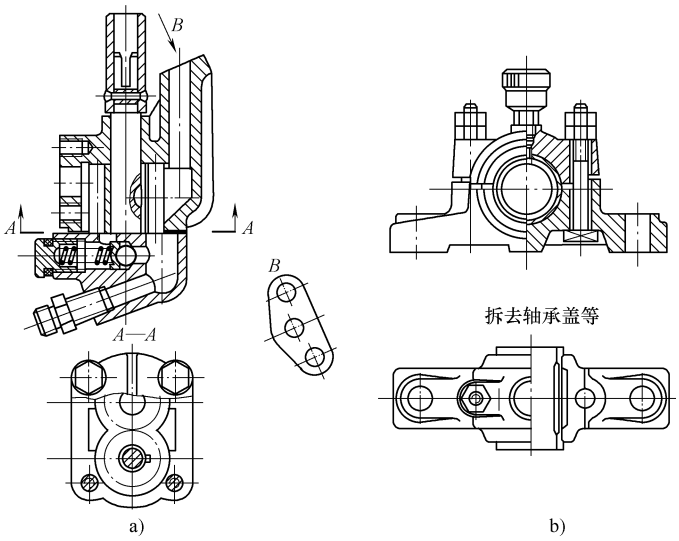
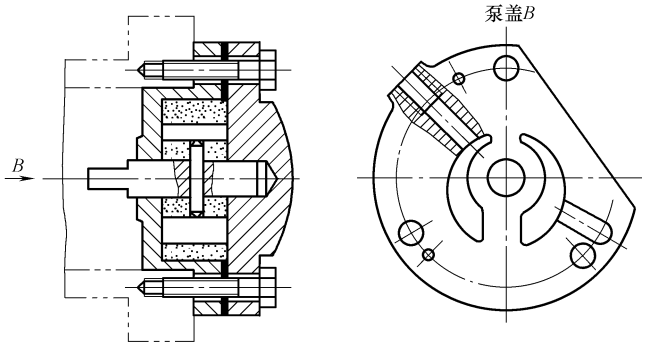
（续）

名称	画法	规则
小结构的简化画法		如图所示的机件上较小的结构，若已在一个视图中表示清楚，在其他图形中可简化或省略
小倒角、小圆角的简化画法		在不引起误解时，机件上的小倒角、小圆角或45°小倒角，在图上允许省略不画，但必须注明其尺寸或在技术要求中加以说明，见图所示
环面小圆角的简化画法		机件上的环面小圆角，在垂直于其轴线的视图上按无圆角处理，如图所示
斜度不大的结构简化画法		机件上斜度不大的结构，如在一个图形中已表达清楚时，其他图形可按小端画出，如图所示
假想画法		在需要表示位于剖切平面之前的结构时，这些结构按假想投影的轮廓线（双点画线）画出，如图所示

3. 装配图中视图和剖视图的几种特定画法

常见装配图中视图和剖视图的几种特定画法见表 2-15。

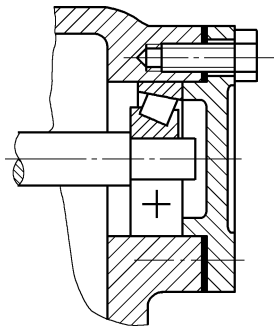
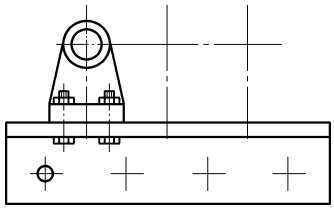
表 2-15　常见装配图中视图和剖视图的几种特定画法示例

画法	规　　则
	在装配图中,对于紧固件以及轴、连杆、球、钩子、键、销等实心零件,若按纵向剖切,且剖切平面通过其对称平面或轴线时,这些零件均按不剖绘制。若需要特别表明这些零件的某些结构,如凹槽、键槽、销孔等,可采用局部剖视图,如图所示
	1. 在装配图的剖视图中可假想沿某些零件的结合面剖切,如图 a 中 *A*—*A*。此情况下,对于沿其结合面剖切的零件不应画剖面符号,犹如只把部件沿结合面分开 2. 也可假想将某些零件拆卸后画出,需要说明时可加注“拆去 × × 等”,如图 b 所示 3. 当剖切平面通过的某些部件为标准产品或该部件已由其他图形表示清楚时,可按不剖绘制,如图 b 所示的油杯
	在装配图中可以单独画出某一零件的某一视图,但必须在所画视图的上方注出该零件的名称或件号以及视图名称,在装配图相应视图的附近用箭头指明投影方向,并注上同样的字母,如图中的泵盖 *B* 向视图
	被网状物挡住的部分按不可见轮廓绘制,图略

4. 装配图中的简化画法

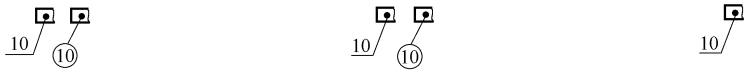
装配图常见的几种简化画法见表 2-16。

表 2-16　装配图常见的几种简化画法示例

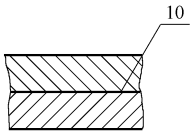
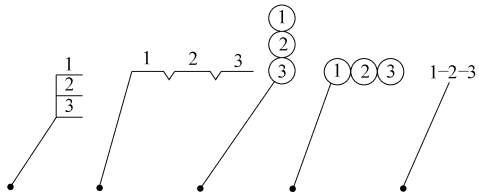
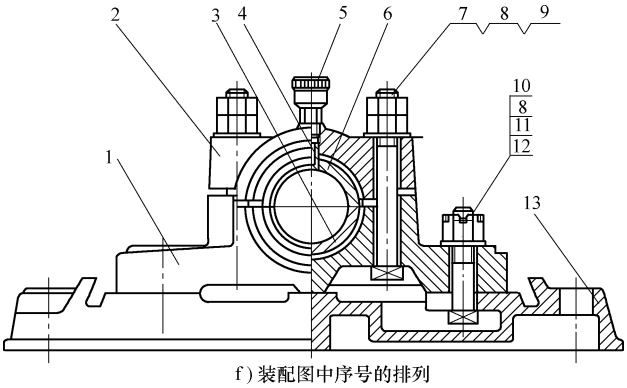
画法	规　　则
	零件的工艺结构,如小圆角、倒角、退刀槽等可不画出,如图所示
	若干相同的零件组,如螺栓连接等,可仅画出一组或几组,其余各组只需表明其装配位置,如图所示的中心线

2.3　装配图中零、部件序号及其编排方法（表 2-17）

表 2-17　装配图中零、部件序号及其编排方法

基本要求	装配图中所有的零、部件均应编号。装配图中一个部件可以只编写一个序号;同一装配图中相同的零、部件用一个序号,一般只标注一次;多次出现的相同的零部件,必要时也可以重复标注 装配图中零、部件的序号,应与明细栏中的序号一致。装配图中所用的指引线和基准线应按 GB/T 4457.2—2003《技术制图　图样画法　指引线和基准线的基本规定》的规定绘制。装配图中字体的写法应符合 GB/T 14691《技术图样字体》的规定
序号的编排方法	装配图中编写零、部件序号的表示方法有以下三种:在水平的基准(细实线)上或圆(细实线)内注写序号,序号字号比该装配图中所注尺寸数字的字号大一号(图 a);在水平的基准(细实线)上或圆(细实线)内注写序号,序号字号比该装配图中所注尺寸数字的字号大一号或两号(图 b);在指引线的非零件端的附近注写序号,序号字号比该装配图中所注尺寸数字的字号大一号或两号(图 c)  a)　　b)　　c) 同一装配图中编排序号的形式应一致。装配图中序号应按水平或竖直方向排列整齐,可按下列两种方法编排:按顺时针或逆时针方向顺次排列,在整个图上无法连续时,可只在每个水平或竖直方向顺次排列;也可按装配图明细栏中的序号排列,采用此种方法时,应尽量在每个水平或竖直方向顺次排列
指引线的表示方法	指引线应自所指部分的可见轮廓内引出,并在末端画一圆点(图 a ~ 图 c),若所指部分(很薄的零件或涂黑的剖面)内不便画圆点时,可在指引线的末端画出箭头,并指向该部分的轮廓(图 d) 一组紧固件以及装配关系清楚的零件组,可以采用公共指引线(图 e)

（续）

指引线的表示方法	 d)  e) 指引线不能相交。当指引线通过有剖面线的区域时，它不应与剖面线平行。指引线可以画成折线，但只可曲折一次（图 f）  f）装配图中序号的排列

2.4　尺寸标注与公差配合的标注（GB/T 4458.4—2003）

2.4.1　尺寸标注

本节内容是根据 GB/T 4458.4—2003 编写。

1. 尺寸标注的基本规则

1）机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，与图形的大小及绘图的准确度无关。

2）图样中（包括技术要求和其他说明）的尺寸，以毫米为单位时，不需要标注计量单位的代号和名称，如采用其他单位，则必须注明相应的计量单位的代号或名称，如 45 度 30 分应写成 45°30′。

3）图样中所标注的尺寸为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则应另加说明。

4）机件的每一尺寸，一般只标注一次，并应标注在反映该结构最清楚的图形上。

常用的尺寸注法符号和缩写词。

2. 尺寸的组成

一个完整的尺寸包括：尺寸线、尺寸界线和尺寸数字三个基本要素，如表 2-20 所示。

3. 尺寸标注方法

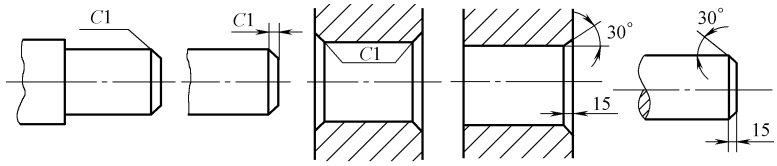
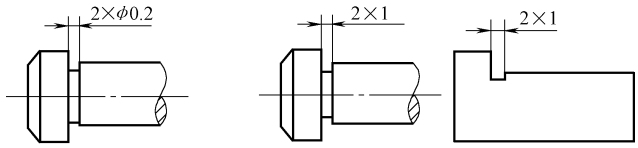
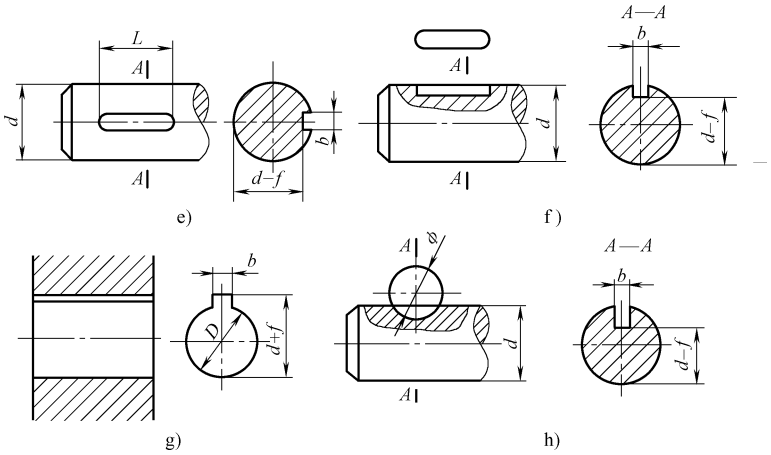
常用尺寸标注符号和缩写词见表 2-18。

表 2-18　常用尺寸标注符号和缩写词

名　　称	符号或缩写词	名　　称	符号或缩写词
直径	Φ	45°倒角	C
半径	R	深度	↧
球直径	$S\Phi$	沉孔或锪平	⌴
球半径	SR	均布	EQS
高度	h	正方形	□

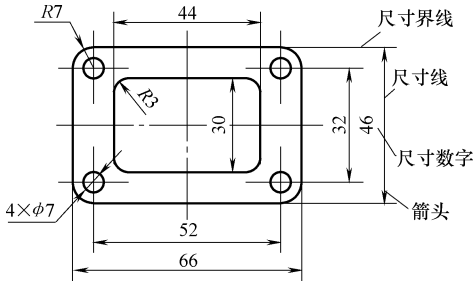
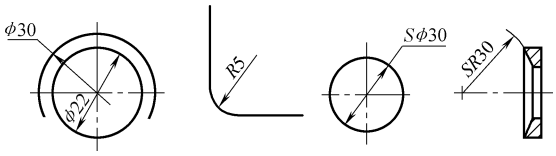
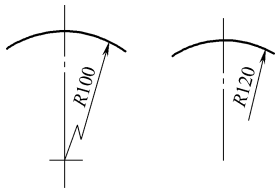
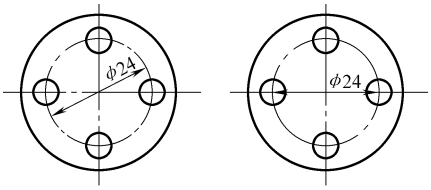
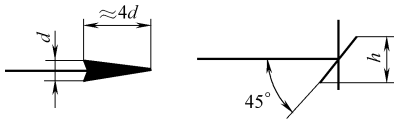
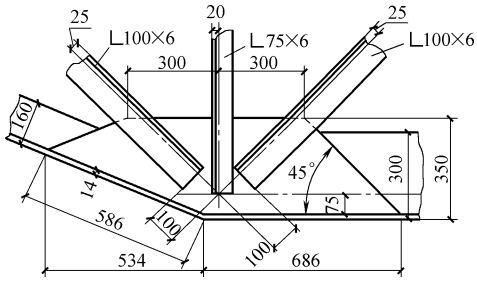
倒角、退刀槽和键槽的尺寸标注法见表 2-19。

表 2-19　倒角、退刀槽和键槽的尺寸标注法

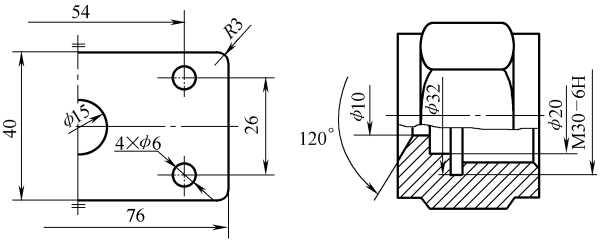
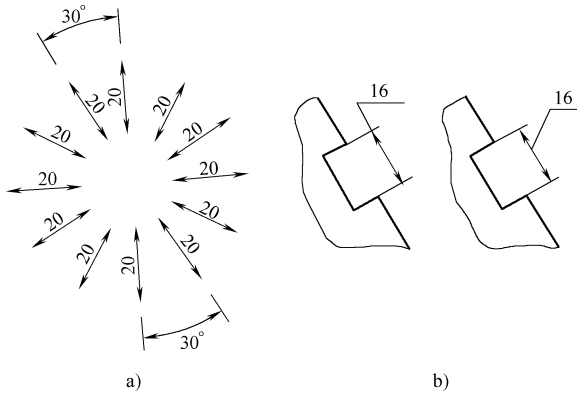
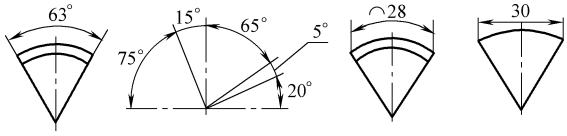
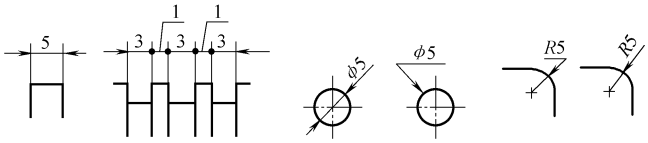
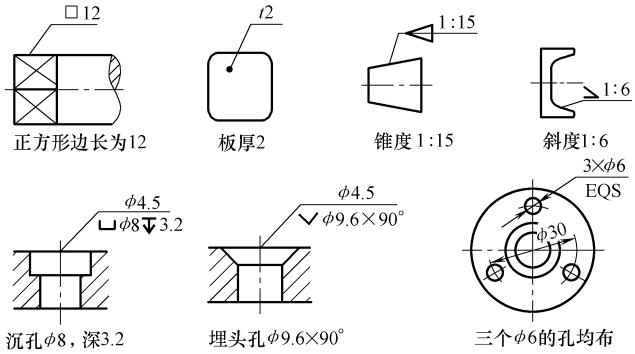
名称	图　　例
倒角注法	45°的倒角可按图 a 的形式标注，非 45°的倒角应按图 b 的形式标注 若图样中圆角或倒角的尺寸全部相同或某个尺寸占多数时，可在图样空白处作总的说明，如“全部圆角 $R4$”“全部倒角 $C1.5$”、“其余圆角 $R4$”“其余倒角 $C1$”等  a)　　b)
退刀槽注法	一般的退刀槽可按“槽宽×直径”(如图 c 所示)或者“槽宽×槽深”(如图 d 所示)的形式标注  c)　　d)
键槽注法	普通平键连接轴的键槽尺寸注法可按图 e 和图 f 形式标注；轮廓的键槽可按图 g 形式标注；半圆键连接轴的键槽可按图 h 形式标注，b 和键槽深度 f 均可按轴直径 $d(D)$ 由相应的键槽尺寸表查出  e)　　f) g)　　h)

常见尺寸的基本标注示例见表 2-20。

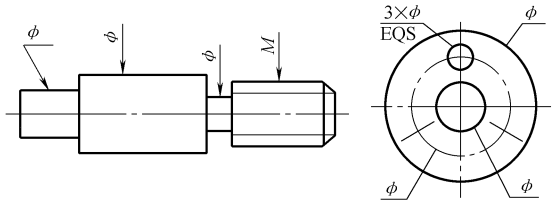
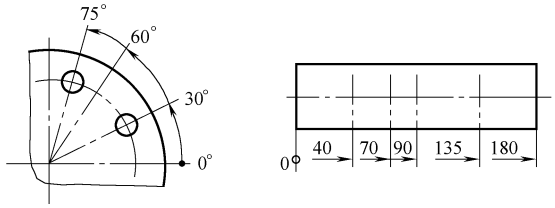
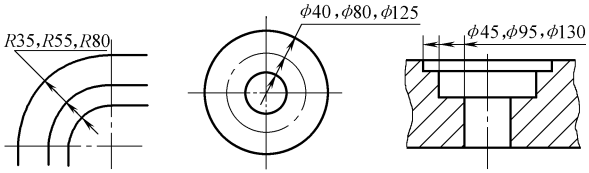
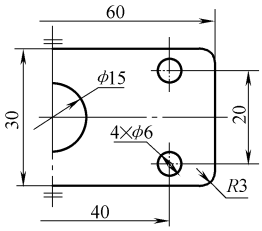
表 2-20　常见尺寸的基本标注示例

名称	图　　例	规　　则
尺寸组成与标注法		如图所示，一个完整的尺寸包括：尺寸线、尺寸界线和尺寸数字三个基本要素 尺寸界线用来表示所注尺寸的范围。尺寸界线用细实线绘制，并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出。也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线
圆、圆弧及圆球的尺寸标注		在圆、圆弧及圆球上标注直径或半径时，尺寸线一般应通过圆心或延长线通过圆心，尺寸界线多为轮廓线。对于优弧，标注直径的尺寸线的一端无法画出箭头时，尺寸线必须超过圆心一段。劣弧一般标注半径尺寸，半径尺寸只能标注在圆弧图形上
	 a)　　b)	当圆弧的半径过大或在图纸范围内无法标出圆心的位置时，尺寸线可采用折线形式。若不需要标出其圆心位置时，可按图 b 标注
	 正确　　错误	尺寸线用细实线绘在两尺寸界线之间，不能用其他图线代替，不得与其他图线重合或画在其延长线上。标注线性尺寸时尺寸线必须与所标注的线段平行 图形的轮廓线、中心线或它们的延长线可以作为尺寸界线，但不能作为尺寸线，如图所示
尺寸箭头的画法	 a)　　b)	尺寸线的终端为箭头，箭头的画法见图 a。线性尺寸线的终端允许采用斜线，其画法如图 b 所示
线性尺寸数字的标注		线性尺寸线的终端允许采用斜线，当采用斜线时，尺寸线与尺寸界线必须垂直，如图所示。同一张图纸，尺寸线的终端只能采用一种形式

（续）

名称	图　例	规　则
未完整表示的要素标注		对于未完整表示的要素，可仅在尺寸线的一端画出箭头，但尺寸线应超过该要素的中心线或断裂处，如图所示
尺寸数字标注		尺寸数字不可被任何图线所通过，当无法避免时，必须将该图线断开 尺寸数字一般应注在尺寸线的上方，也可注在尺寸线的中断处。水平方向字头向上，垂直方向字头向左。应按图 a 方向注写，并尽可能避免在图示 30°范围内标注尺寸，当无法避免时可按图 b 的方式标注
角度、弧长、弦长的尺寸标注		标注角度时尺寸界线应沿径向引出，尺寸线是以角度顶点为圆心的圆弧线；尺寸数字一律水平书写，角度较小时也可用指引线引出标注 标注弦长或弧长时，尺寸界线应平行于弦的垂直平分线，弧长的尺寸线是圆弧的同心弧，弧长尺寸数字左边应加注符号“⌒”，如图所示
狭小尺寸的标注		当尺寸线太短而没有足够的位置画箭头或注写数字时，可按图示的形式标注，此时，允许用圆点或斜线代替箭头，或将箭头绘制到尺寸线外侧；尺寸数字可写在尺寸界线的外侧或引出标注
特殊符号的标注		标注参考尺寸时，应将尺寸数字加上圆括弧。标注剖面为正方形结构的尺寸时，可在正方形边长尺寸数字前加注符号“□”或用“$B\times B$”（B 为正方形的边长）注出。标注板状零件的厚度时，可在尺寸数字前加注符号“t”。锥度、斜度、倒角、沉孔或锪平、埋头孔、均布等的表示

（续）

名称	图　　例	规　　则
简化注法及其他标注形式		为简化图样，在不致引起误解的前提下，应力求制图简便 标注尺寸时可采用带箭头或不带箭头的指引线，如图所示
		为简化图样，在不致引起误解和不会产生理解多意性的前提下，应力求制图简便 从同一基准出发的尺寸可按左图简化后的形式标注
		一组同心圆弧或圆弧、圆心位于一条直线上的多个不同心圆弧以及尺寸较多的台阶孔的尺寸可用共用的尺寸线箭头依次表示，如图所示
		对称图形可采用图示的注法

装配图尺寸标注示例如图 2-16 所示，说明见表 2-21。

表 2-21　装配图尺寸标注示例（标注图示滑动轴承座装配图的尺寸）

类型	示　　例	说　　明	
性能尺寸	轴承座孔直径 $\phi36H8$	是表示机器或部件的性能、规格的尺寸，这类尺寸是设计机器、了解和选用机器的依据	
装配尺寸	$\phi40\frac{H8}{s7}$等	配合尺寸	是表示两零件间配合性能的尺寸，这类尺寸是装配和拆画零件图时确定零件尺寸偏差的依据
	轴承座高度为 50mm	相对位置尺寸	是表示设计或装配机器时需要保证零件间较重要的相对位置的尺寸，也是装配、调整时所需的尺寸
	64 ± 0. 3mm	装配时加工尺寸	如有些零件装配在一起后才能加工，此时装配图上要标注装配时加工尺寸
安装尺寸	底座安装尺寸 140mm	是表示部件安装在地基上或与其他部件相连的重要尺寸	
外形尺寸	总高 125mm、总长 160mm、总宽 60mm	是表示机器或部件外形的总长、总宽、总高的尺寸，这类尺寸是机器或部件在包装运输和安装过程中确定其所占空间大小的依据	
其他重要尺寸	$\phi7\frac{H8}{s7}$等	除上述几类尺寸之外，还有一些在设计过程中经过计算或选定的重要尺寸，如轴的设计尺寸、主要零件的结构尺寸、主要定位尺寸和运动极限尺寸等	

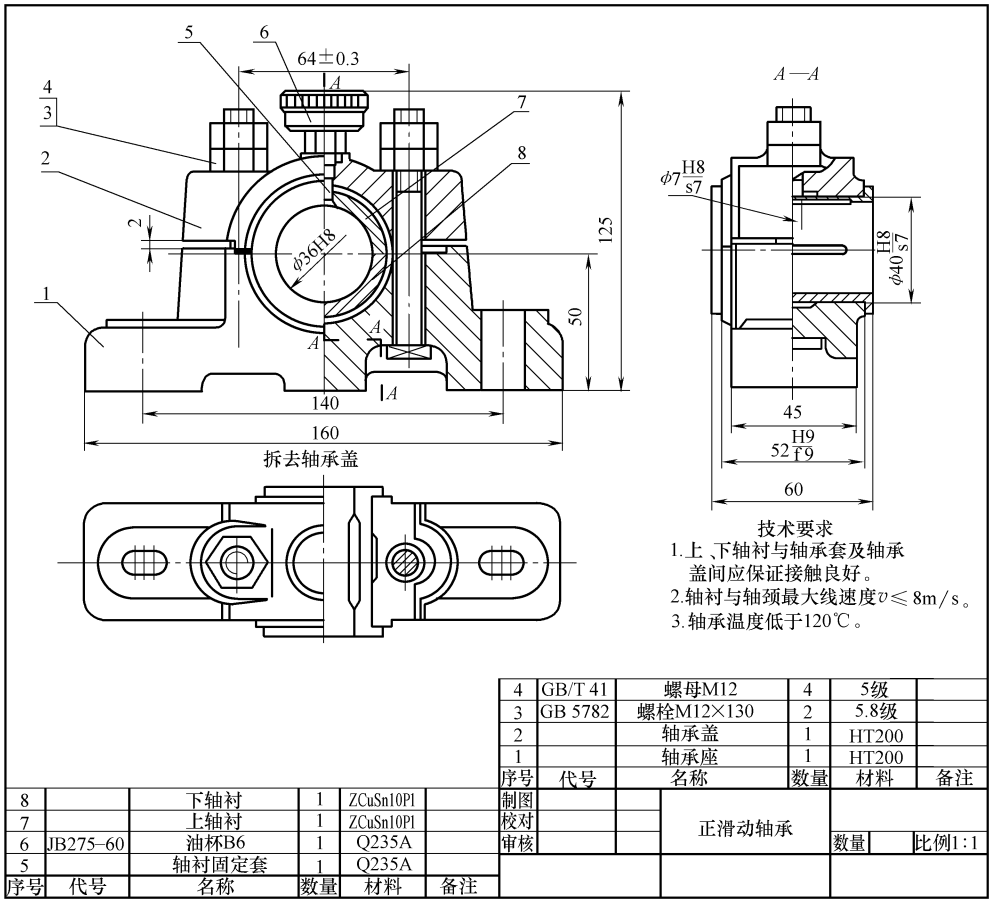


图 2-16　装配图尺寸标注

2.4.2　公差配合标注

尺寸公差和配合根据 GB/T 4458.5—2003《机械制图　尺寸公差与配合注法》的规定执行。

1. 尺寸公差标注

（1）尺寸公差和配合的基本要求

1）公差带的代号及公差等级的代号等要符合 GB/T 1800 的规定。

2）字体的写法应符合 GB/T 14691 的规定。

3）尺寸注法要符合 GB/T 4458.4—2003 的规定。

（2）尺寸公差标注示例

尺寸公差的标注一般有三种方法：

1）在公称尺寸后面注出所要求的公差带代号或配合代号。

2）在公称尺寸后面注出所要求的公差带所对应的极限偏差值。

3）在公称尺寸后面注出所要求的公差带和所对应的极限偏差值。

三种标注方法示例见表 2-22。

表 2-22　尺寸公差标注示例

方式	图　　示	说　　明
标出公差带代号或配合代号	ϕ50f 7　ϕ50H8/f 7	在公称尺寸后面注出所要求的公差带代号或配合代号，如图示 ϕ50f7，ϕ50H8/f7
	$\phi 50^{-0.025}_{-0.050}$	在公称尺寸后面注出所要求的公差带所对应的极限偏差值，如图所示 $\phi 50^{-0.025}_{-0.050}$
	$\phi 50f7\left(^{-0.025}_{-0.050}\right)$	在公称尺寸后面注出所要求的公差带和所对应的极限偏差值，如图所示 $\phi 50f7\left(^{-0.025}_{-0.050}\right)$

2. 几何公差的标注

国家标准规定几何公差采用框格标注法标注，它能在图样上直接表示出被测要素、基准要素、几何公差值、公差原则、几何公差限制要求等，便于技术上的交流。

（1）公差框格与基准符号

用公差框格标注几何公差时，公差要求注写在划分成两格或多格的矩形框格内。各格自左至右顺序标注以下内容：第一格，几何特征符号；第二格，公差值及有关符号；第三格至第五格，基准字母与有关符号，其基准字母顺序就是基准的顺序。几何公差值以毫米为单位。

基准字母标在基准方格内，每个方格内填写一个大写字母。方格与一个涂黑的或空白的三角形相连以表示基准，涂黑的和空白的三角形含义相同。

（2）几何公差的附加符号

表 2-23 所列为几何公差的附加符号和标注示例。附加符号对几何公差的适用范围、几何公差与尺寸公差的关系、被测要素等进行说明。

表 2-23　几何公差的附加符号

符号名称	称号	标注示例	符号名称	称号	标注示例
包容要求	Ⓔ	ϕ50h7Ⓔ	理论正确尺寸	50	
最大实体要求	Ⓜ	— ϕ0.02Ⓜ	基准目标	$\phi 2$ / A1	
最小实体要求	Ⓛ	— ϕ0.02Ⓛ	不凸起	NC	— 0.02 NC
公共公差带	CZ	▱ ϕ0.02CZ	任意横截面	ACS	ACS ◎ ϕ0.04 A
小径	LD	— ϕ0.02 LD	线索	LE	// 0.04 A B LE
大径	MD	— ϕ0.02 MD	可逆要求	Ⓡ	— ϕ0.015Ⓡ
中径、节径	PD	— ϕ0.02 PD	全周（轮廓）		
延伸公差带	Ⓟ	⌖ ϕ0.03 Ⓟ A	自由状态条件（非刚性零件）	Ⓕ	⌖ ϕ0.03 Ⓕ A

（3）被测要素标注方法（见表 2-24）

被测要素是给出几何公差要求的几何要素。框格法标注几何公差用带箭头的指引线将框格与被测要素相连来指明被测要素。指引线可从框格的两端引出。指引线从框格引出时必须垂直于框格，而引向被测要素时允许弯折，但不得多于两次。箭头的方向不作严格规定，因为几何公差带的宽度方向不是通过箭头的指向确定的，而是由公差带自身来定义的。当尺寸不够时，指引线的箭头可以代替尺寸的箭头。

1）当被测要素为组成要素时，指引线箭头指向该要素的轮廓线或轮廓线的延长线上，但必须与尺寸线明显错开。

若受视图方向限制，箭头也可指向由被测表面引出的水平线上。

2）当被测要素为导出要素时，箭头应位于相应尺寸线的延长线上。

（4）基准要素标注方法

基准要素是确定被测要素方向或位置的几何要素，理想的基准要素称为基准。对于有基准要求的方向公差、位置公差、跳动公差必须用基准符号指明基准，不允许用指引线与基准要素直接相连。基准符号的标注有以下几种方法：

1）当基准要素为组成要素时，基准三角形靠近基准要素的轮廓线或它的延长线上，但应与尺寸线明显错开，如受视图方向的限制，基准三角形亦可放置在由基准要素引出的水平线上。

2）当基准要素为导出要素时，基准三角形应放置在该尺寸线的延长线上，如果没有足够的位置标注出基准要素尺寸的两个箭头时，则其中一个箭头可用基准三角形代替。当基准是圆锥面的轴线时。

3）基准字母的标注，不论基准符号的方向如何，基准字母都必须水平方向书写。

4）基准要素为两个要素组成的公共基准时，公共基准在几何公差框格中标注为 *A*—*B* 形式。

（5）附加要求的标注方法

1）具有相同几何特征的多个不连续要素或要素的某一指定部位作为被测要素或基准，用粗点画线示出，并加注尺寸。

2）当被测要素为工件组成要素的素线时，应在公差框格的下方注明“LE”。

3）当几何公差要求适用于所在视图上整周轮廓或由该轮廓所示的整周表面时，标注全周符号。

4）以螺纹轴线作为被测要素或基准要素时，默认的是螺纹中径圆柱面的轴线，否则另作说明，用“MD”表示大径，“LD”表示小径。

5）理论正确尺寸没有公差，用于确定被测要素的理论正确位置、方向或轮廓，或确定基准体系中各基准之间的方向和位置关系。标注在方框中，既可为线性尺寸，也可为角度尺寸。

6）延伸公差带用附加符号Ⓟ表示，在框格中公差值后加注此符号，并相应注出延伸的范围如Ⓟ60。

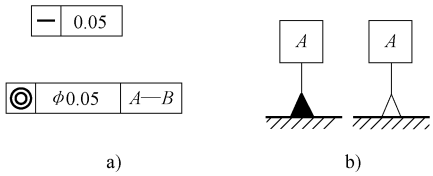
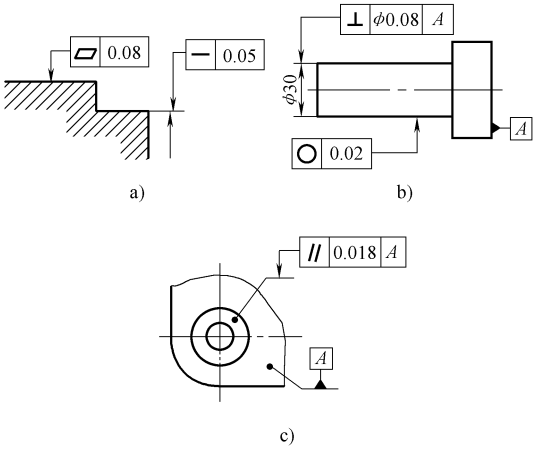
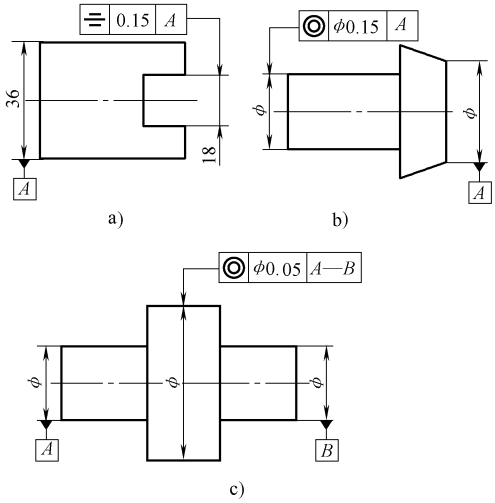
（6）简化标注

1）对同一被测要素有多个几何公差要求时，可在一条指引线的末端画出多个框格。

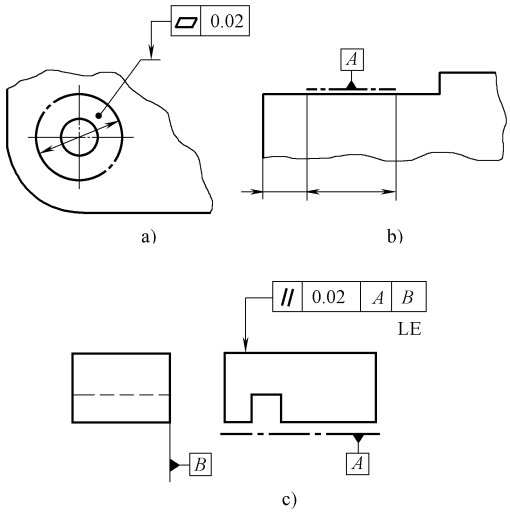
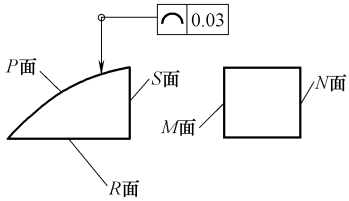
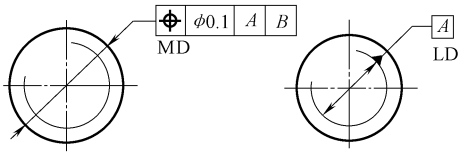
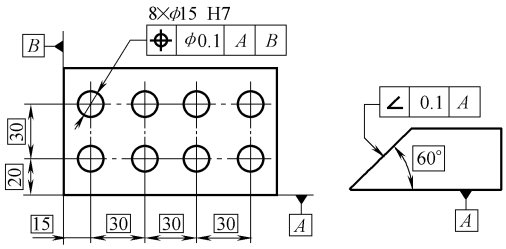
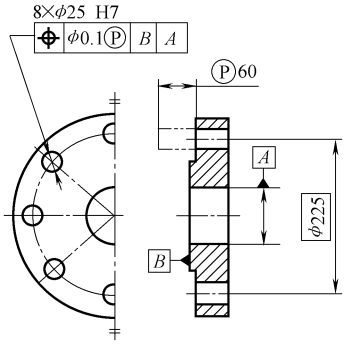
2）具有相同几何特征和公差值的若干分离要素可共用一个公差框格标注，表示各自要

求；若分离要素可视为不连续的单一要素时，可给出单一公差带，表示公共要求，在公差值后面要加注公共公差带符号 CZ。

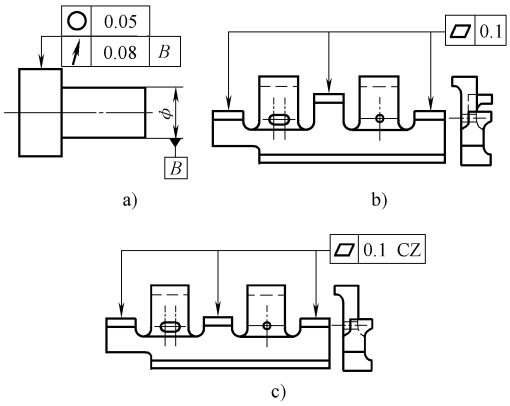
表 2-24　几何公差标注示例

名称	图　　示	说　　明
公差框格与基准符号		公差框格如图 a。当几何公差带为两平行直线、两平行平面、两圆柱面之间等的区域时，在公差值前不加注任何符号；当几何公差带为圆形或圆柱形的区域时，在公差值前加注符号 *Φ*；当几何公差带为球形时，在公差值前加注符号 *SΦ* 基准符号如图 b。基准字母标在基准方格内，每个方格内填写一个大写字母。方格与一个涂黑的或空白的三角形相连以表示基准，涂黑的和空白的三角形含义相同
被测要素为组成要素		当被测要素为组成要素时，指引线箭头指向该要素的轮廓线或轮廓线的延长线上，但必须与尺寸线明显错开，如图 a、图 b 所示 若受视图方向限制，箭头也可指向由被测表面引出的水平线上，如图 c 所示
被测要素为导出要素		当被测要素为导出要素时，箭头应位于相应尺寸线的延长线上，如图 a、图 b、图 c 所示 如果没有足够的位置标注出基准要素尺寸的两个箭头时，则其中一个箭头可用基准三角形代替。当基准是圆锥面的轴线时，按图 b 所示的方式标注 不论基准符号的方向如何，基准字母都必须水平方向书写 基准要素为两个要素组成的公共基准时，按图 f 方式标注，公共基准在几何公差框格中标注为 *A*—*B* 形式

（续）

名称	图　　示	说　　明
附加要求的标注方法		具有相同几何特征的多个不连续要素或要素的某一指定部位作为被测要素或基准，用粗点画线示出，并加注尺寸，如图所示 当被测要素为工件组成要素的素线时，应在公差框格的下方注明“LE”，如图 c 所示
全周符号的标注		当几何公差要求适用于所在视力上整周轮廓或由该轮廓所示的整周表面时，标注全周符号，如图 7-19 所示。图中线轮廓公差同时控制 P、S、R 面，对 M、N 面不控制
螺纹轴线的标注		以螺纹轴线作为被测要素或基准要素时，默认的是螺纹中径圆柱面的轴线，否则另作说明，用“MD”表示大径，“LD”表示小径，如图所示
理论正确尺寸没有公差		理论正确尺寸没有公差，用于确定被测要素的理论正确位置、方向或轮廓，或确定基准体系中各基准之间的方向和位置关系。标注在方框中，既可为线性尺寸，也可为角度尺寸，如图所示
延伸公差带		延伸公差带用附加符号Ⓟ表示，见图。在框格中公差值后加注符号Ⓟ，并相应注出延伸的范围如Ⓟ60

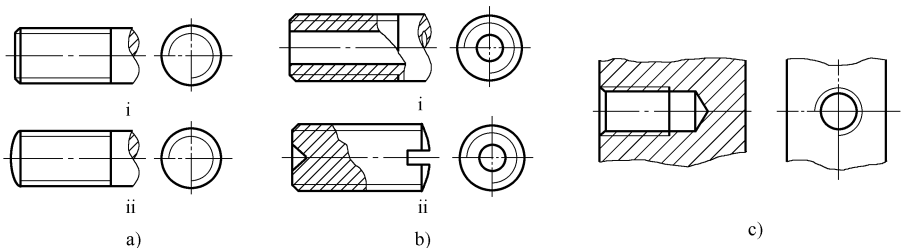
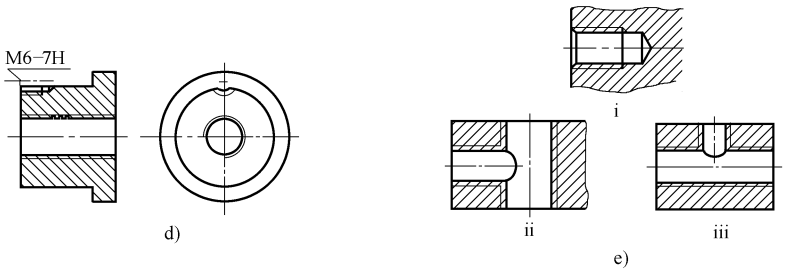
（续）

名称	图　　示	说　　明
简化标注		（1）对同一被测要素有多个几何公差要求时，可在一条指引线的末端画出多个框格，如图 a 所示 （2）具有相同几何特征和公差值的若干分离要素可共用一个公差框格标注，表示各自要求；若分离要素可视为不连续的单一要素时，可给出单一公差带，表示公共要求，在公差值后面要加注公共公差带符号 CZ，如图 b、图 c 所示

2.5　常用零件和结构画法

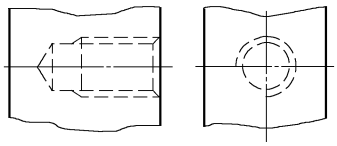
2.5.1　螺纹及螺纹紧固件表示与标注（表 2-25、表 2-26）

表 2-25　螺纹及螺纹紧固件表示法

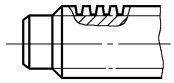
螺纹零件	螺纹牙顶圆的投影用粗实线表示，牙底圆的投影用细实线表示，在螺杆的倒角或倒圆部分也应画出。在重直于螺纹轴线的投影面的视图中，表示牙底圆的细实线只画约 3/4 圈（空出约 1/4 圈的位置不作规定），此时，螺杆或螺孔上的倒角投影不应画出（图 a ~ 图 c）  在垂直于螺纹轴线的投影面的视图中，需要表示部分螺纹时，表示牙底圆的细实线也应适当地空出一段，如图 d 所示  有效螺纹的终止界限（简称螺纹终止线）用粗实线表示，外螺纹终止线的画法如图 a 的 i 和图 b 的 i；内螺纹终止线的画法如图 c 和图 e 的 i。螺尾部分一般不必画出，当需要表示螺尾时，该部分用与轴线成 30° 的细实线画出如图 a 的 i 和图 e 的 i 所示。不可见螺纹的所有图线用虚线绘制（图 f）。无论是外螺纹或内螺纹，在剖视或剖面图中的部面线都应画到粗实线（图 b ~ 图 e）。绘制不穿通的螺孔时，一般应将钻孔深度与螺纹部分的深度分别画出（图 c、图 e 的 i）。当需要表示螺纹牙形时，可按图 g ~ 图 i 的形式绘制

（续）

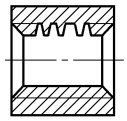
螺纹零件



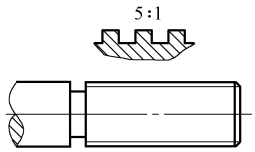
f)



g)

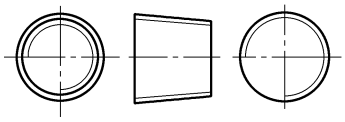


h)

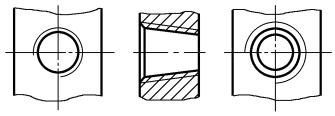


i)

圆锥外螺纹和圆锥内螺纹的表示方法如图 j、图 k 所示



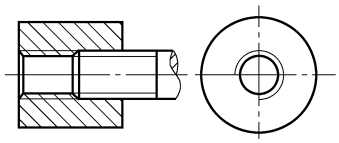
j)



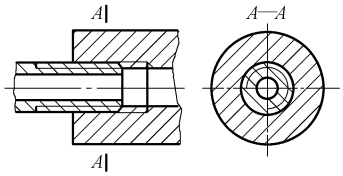
k)

螺纹连接

以剖视图表示内外螺纹的连接时，其旋合部分应按外螺纹的画法绘制，其余部分仍按各自的画法表示，如图 l、图 m 所示



l)



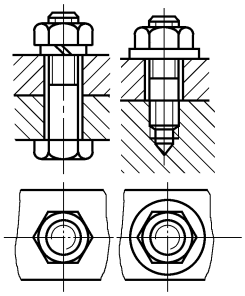
m)

螺纹紧固件装配

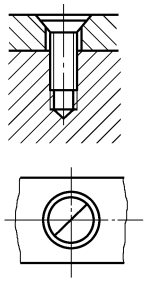
在装配图中，当剖切平面通过螺杆的轴线时，对于螺柱、螺栓、螺钉、螺母及垫圈等均按未剖切绘制（图 n ~ 图 q）；螺纹紧固件的工艺结构，如倒角、退刀槽、缩颈、凸肩等均可省略不画（图 o ~ 图 q）

在装配图中，不穿通的螺纹孔可不画出钻孔深度，仅按有效螺纹部分的深度（不包括螺尾）画出，如图 o ~ 图 q 所示

在装配图中，常用螺栓、螺钉的头部以及螺母等也可采用简化画法，如图 q 所示



n)



o)

（续）

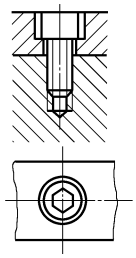
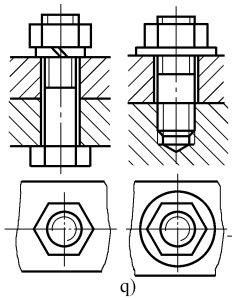
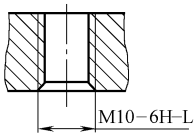
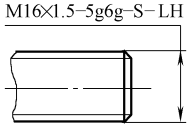
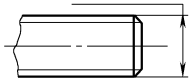
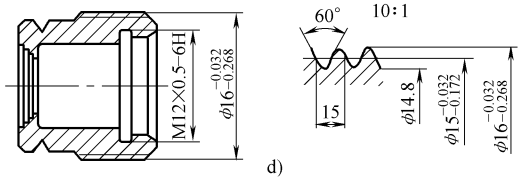
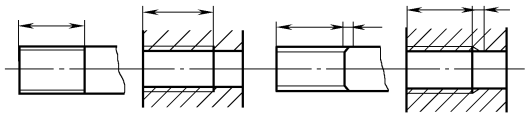
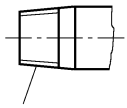
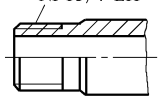
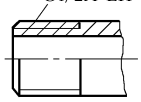
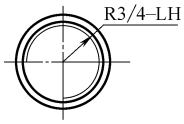
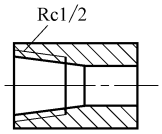
螺纹紧固件装配	 p)	 q)

表 2-26　螺纹的标记方法

螺纹类别		特征代号	公称直径	螺距	导程	线数	旋向	公差带代号	旋合长度代号	标记实例	附　　注
标准普通螺纹	粗牙	M	10	—	—	—	右	6H	L	 M10-6H-L a)	标准 GB/T 197—2003 普通螺纹粗牙不注螺距，中等旋合长度不标 N（以下同）。短、长旋合长度分别用字母 S、L 表示。右旋不标注。多线时注出 Ph（导程）、P（螺距）（下同） 螺纹副标记示例：M20×2LH 中等公差精度（如 6H、6g）不注公差带代号
	细牙		16	1.5	—	—	LH（左）	5g6g	S	M16×1.5-5g6g-S-LH  b)	
小螺纹		S	0.8	—	—	—	—	4H5	—	S0.8 4H5	标准 GB/T 15054.4—1994 内螺纹中径公差带为 4H，顶径公差等级为 5 级。外螺纹中径公差带为 5h，顶径公差等级为 3 级。顶径公差带位置仅一种，故只注等级 螺纹副标注示例：S0.9 4H5/5h3
			1.2	—	—	—	LH（左）	5h3	—	S1.2LH5h3	
梯形螺纹		Tr	32	6	—	—	LH（左）	7e	L	Tr32×6LH-7e  c)	标准 GB/T 5796.4—2005 多线螺纹螺距和导程都可参照此格式标注 螺纹副标记示例：Tr36×6-7H/7e
			40	7	14	2	LH（左）	7e	L	Tr40×14(P7)LH-7e-L	
锯齿形螺纹		B	40	7	14	2	LH（左）	7e	L	B40×14(P7)LH-7e-L	标准 GB/T 13576—2008 对长旋合长度组的螺纹在公差带代号后标注 L，旋合长度代号与公差带间用“-”号分开。中等旋合长度组螺纹不标注旋合长度代号 N 标注示例： 长旋合长度的配合螺纹： B40×7-7H/7e-L 中等旋合长度的外螺纹： B40×7-7e
非标准螺纹	非标准螺纹，应画出螺纹的牙型，并注出所需要的尺寸及有关要求，如图 d 所示  d)										

（续）

螺纹类别	特征代号	公称直径	螺距	导程	线数	旋向	公差带代号	旋合长度代号	标记实例	附　注
螺纹长度	图 e 中 i 所标注的螺纹长度，均指不包括螺尾在内的有效螺纹长度。当需要标出螺尾长度时，其标注方法见图 e 中 ii 或另加说明  i　　ii e)									

螺纹类别		特征代号	尺寸代号	旋向	公差等级	基距代号	标记示例	附　注
米制锥螺纹		M_C	公称直径 14、螺距为 1	—	—	S	 M_C14×1-S f)	标准 GB/T 1415—2008 S 为短型基准距离组别，采用标准型基准距离组别时省略代号 N 螺纹副标记：对“锥/锥”配合螺纹（标准型），其内螺纹、外螺纹和螺纹副三者的标注方法相同，无差异 标注示例：公称直径 12、螺距为 1mm、标准型基准距离、右旋的圆锥螺纹副：M_C12×1
60°密封管螺纹	圆锥管螺纹（内、外）	NPT	3/4	LH（左）	—	—	 NPT3/4-LH g)	标准 GB/T 12716—2002 内、外螺纹均仅有一种公差带，故不注公差带代号（下同）
	圆锥内螺纹	NPSC						
55°非螺纹密封管螺纹		G	1½	LH（左）	—	—	G1½-LH	标准 GB/T 7307—2001 内螺纹公差等级只是一种，不标记。外螺纹公差等级分 A 级和 B 级两种 标记螺纹副时，仅标注外螺纹的标记代号，如 G1½A
			1/2	LH（左）	A	—	 G1/2A-LH h)	
55°螺纹密封的管螺纹	圆锥外螺纹	R（R_1、R_2）	3/4	LH	—	—	 R3/4-LH i)	标准 GB/T 7306—2002（GB/T 7306.1—2000《圆柱内螺纹与圆锥外螺纹》；GB/T 7306.2—2000《圆锥内螺纹与圆锥外螺纹》） 内、外螺纹均只有一种公差带，故省略不注 R_1 表示与圆柱内螺纹相配合的圆锥外螺纹；R_2 表示与圆锥内螺纹相配合的圆锥外螺纹。如 $R_1$3 或 $R_2$3 表示螺纹副时，尺寸代号只标注一次，如 Rp/$R_1$3；Rc/$R_2$3
55°螺纹密封的管螺纹	圆锥内螺纹	Rc	1/2	—	—	—	 Rc1/2 j)	
	圆柱内螺纹	Rp	1/2	—	—	—	Rp1/2	

（续）

螺纹类别	特征代号	尺寸代号	旋向	公差等级	基距代号	标记示例	附　　注
自攻螺钉螺纹	ST	公称直径 3.5	—	—	—	ST3.5	标准 GB/T 5280—2002 使用时，应先制出螺纹底孔（预制孔）
自攻锁紧螺钉用螺纹（粗牙普通螺纹）	M	公称直径 5	—	—	—	M5×20	标准 GB/T 6559—1996 使用时，先制预制孔，标记示例中的 20 为螺杆长度
螺纹副的标注方法	装配图中螺纹副的标记与螺纹的标注方法相同，米制螺纹一般直接标注在大径的尺寸线上或其引出线上，如图中 i 所示。管螺纹应采用引出线由配合部分的大径处引出标注，如图中 ii 所示。米制锥螺纹一般采用引出线由配合部分的大径处引出标注，也可直接标注在从基面处画出的尺寸线上，如图中 iii 所示。斜线分开的左边表示内螺纹，右边表示外螺纹 M14×1.5　Rc/R$_2$3/8　M10×1 GB/T 1415/ZM10 i　ii　iii k)						

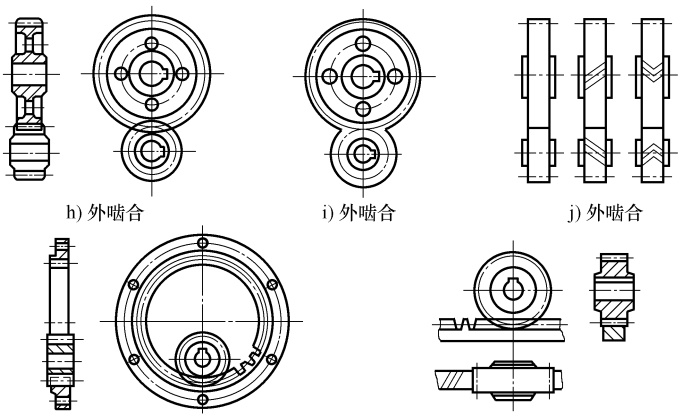
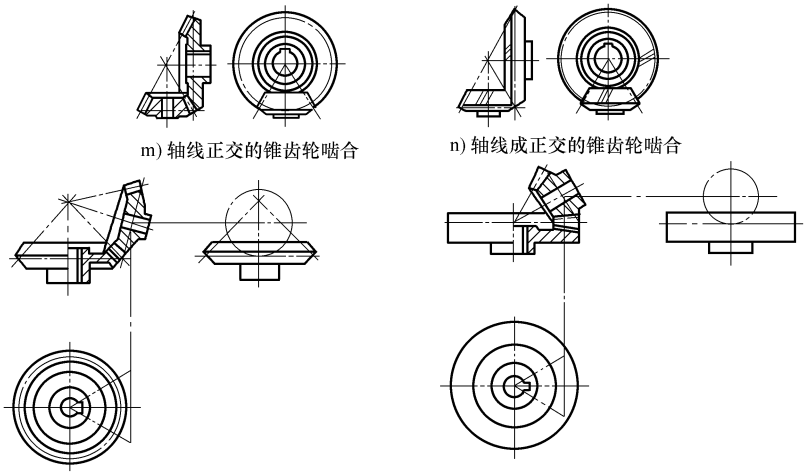
注：60°圆锥管螺纹和 55°螺纹密封及非螺纹密封管螺纹来源于英制，被采用制定为我国标准螺纹时已米制化。特征代号后的数字是定性地表征螺纹大小的“尺寸代号”，不是定量地将其数值换成 mm，故不得称为“公称直径”。

2.5.2　齿轮的画法（见表 2-27）

表 2-27　齿轮及齿轮啮合的表示方法

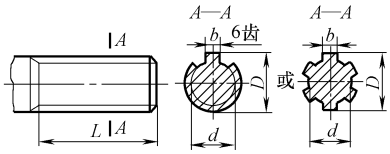
齿轮、齿条、蜗杆、蜗轮及链轮的画法	齿顶圆和齿顶线用粗实线绘制，分度圆和分度线用细点画线绘制，齿根圆和齿根线用细实线绘制，也可省略不画，在剖视图中，齿根线用粗实线绘制。表示齿轮、蜗轮一般用两个视图，或者用一个视图和一个局部视图（图 a～图 c）。在剖视图中，当剖切平面通过齿轮的轴线时，轮齿一律按不剖处理（图 a～图 c、图 e、图 f）。如需表明齿形，可在图形中用粗实线画出一个或两个齿；或用适当比例的局部放大图表示（图 d～图 f）。当需要表示齿线的特征时，可用三条与齿线方向一致的细实线表示（图 d、图 e、图 g）。直齿则不需表示。如需要注出齿条的长度，可在画出齿形的图中注出，并在另一视图中用粗实线画出其范围线（图 e） a) 圆柱齿轮　b) 锥齿轮　c) 蜗轮 2:1　A　A—A　A d) 圆弧齿轮　e) 齿条 1:1 f) 链轮　g) 齿线

（续）

齿轮、蜗轮、蜗杆啮合画法		在垂直于圆柱齿轮轴线的投影面的视图中，啮合区内的齿顶圆均用粗实线绘制（图 h、图 l），其省略画法如图 i 所示。在平行于圆柱齿轮、锥齿轮轴线的投影面的视图中，啮合区的齿顶线不需画出，节线用粗实线绘制，其他处的节线用点画线绘制（图 j、图 n）。在啮合的剖视图中，当剖切平面通过两啮合齿轮的轴线时，在啮合区内，将一个齿轮的轮齿用粗实线绘制，另一个齿轮的轮齿被遮挡的部分用细虚线绘制（图 k、图 p），也可省略不画（图 l、图 m、图 o）。在剖视图中，当剖切平面不通过啮合齿轮的轴线时，齿轮一律按不剖绘制
	圆柱齿轮啮合	 h) 外啮合　i) 外啮合　j) 外啮合 k) 内啮合　l) 齿轮齿条啮合
	锥齿轮啮合	 m) 轴线正交的锥齿轮啮合　n) 轴线成正交的锥齿轮啮合 o) 轴线成斜交的锥齿轮啮合　p) 轴线成斜交的平面齿轮与锥齿轮啮合

2.5.3　花键的画法（见表 2-28）

表 2-28　花键的画法

花键画法及尺寸标注	矩形花键	外花键大径用粗实线、小径用细实线绘制，并在断画图中画出一部分或全部齿形。外花键工作长度的终止端和尾部长度的末端均用细实线绘制，并与轴线垂直，尾部则画成斜线，其倾斜角度一般与轴线成 30°，必要时，可按实际情况画图（图 a）  a) 外花键

（续）

花键画法及尺寸标注	矩形花键	内花键大径及小径均用粗实线绘制，在局部视图中画出一部分或全部齿形（图 b）	b) 内花键
		外花键局部剖视的画法见图 c，垂直于花键轴线的投影面的视图的画法见图 d。大径、小径及键宽采用一般尺寸标注时，其注法见图 a、图 b。花键长度应采用以下三种形式之一标注：标注工作长度图 a、图 b、图 e；标注工作长度和尾部长度图 f；标注工作长度及全长图 g	c)　d)　e)　f)　g)
	渐开线花键	除分度圆及分度线用细点画线绘制外，其余部分与矩形花键画法相同（图 h）	h)
	花键连接	花键连接用剖视图或断面图表示时，其连接部分按外花键的绘制，矩形花键的连接画法见图 i，渐开线花键的连接画法见图 j	i) 矩形花键　j) 渐开线花键
	花键的标注	花键的类型有图形符号表示，矩形花键（GB/T 1144）的图形符号见图 k，渐开线花键（GB/T 3478.1）的图形符号见图 l	k)　l)
		花键的标记应注写在指引线的基准线上，标注方法如图 m ~ 图 p 所示。当所注花键标记不能全部满足要求时，则其必要的数据可在图中列表表示或在其他相关文件中说明 矩形花键及花键副的表示见图 m、图 o。标记顺序为：N（键数）×d（小径）×D（大径）×B（键宽）。字母代号为大写时为内花键，小写时为外花键 渐开线花键及花键副的表示见图 n、图 p。标记中代号（含义）：INT（内花键）、EXT（外花键）、INT/EXT（花键副）、z（齿数符号）、m（模数符号）、30P（30°平齿根）、30R（30°圆齿根）、45（45°圆齿根）、6H/5h（内花键公差等级为 6 级，外花键公差等级为 5 级，配合类别为 H/h）	m)　n)　o)　p)

2.5.4　弹簧的画法（见表 2-29、表 2-30）

表 2-29　圆柱螺旋弹簧的画法

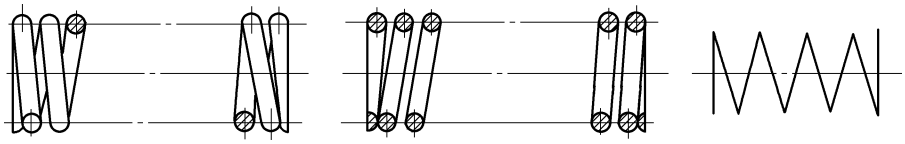
圆柱螺旋压缩弹簧可以画成视图、剖视图和示意图三种形式，如图所示，并遵守下述规定：

1）在平行于螺旋弹簧轴线投影面的视图和剖视图中，其各圈轮廓应画成直线

2）螺旋弹簧均画成右旋，但左旋弹簧无论画成左旋或右旋，需标注处“左”

3）有效圈数在四圈以上的螺旋弹簧，中间部分可以省略不画

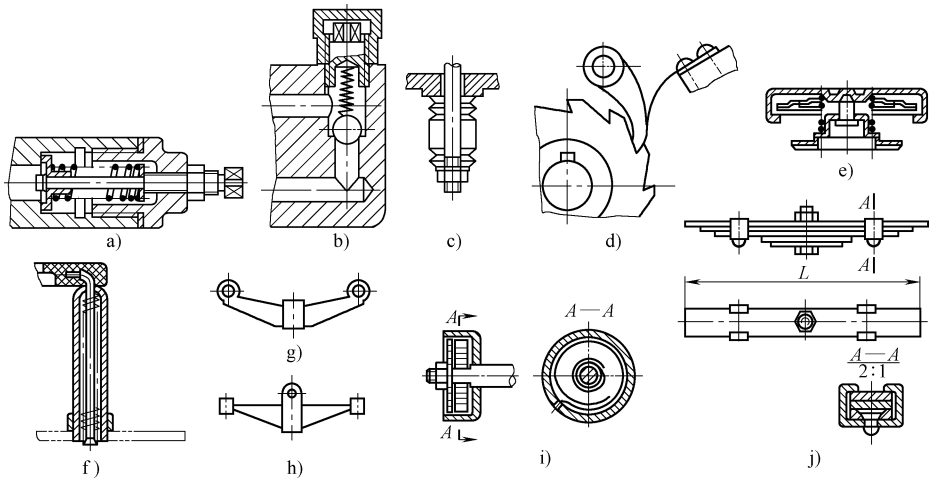
4）螺旋压缩弹簧如果要求两端并紧磨平时，无论支撑圈多少和末端并紧状况如何，均按支撑圈为 2.5 圈绘制



a) 视图　　b) 剖视图　　c) 示意图

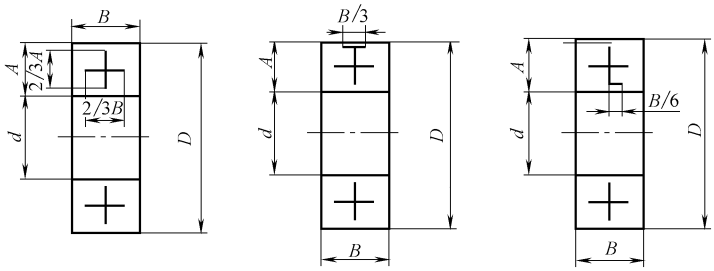
表 2-30　装配图中弹簧的画法

装配图中弹簧的画法	装配图中，被弹簧挡住的结构一般不画出，可见部分应从弹簧的外轮廓线或从弹簧钢丝剖面的中心线画起（图 a）。型材直径或厚度在图形上小于或等于 2mm 的螺旋弹簧、碟形弹簧、片弹簧允许用示意图绘制（图 b ~ 图 d），当弹簧被剖切时，剖面直径或厚度在图形上小于或等于 2mm 时也可用涂黑表示（图 e）。四组以上的碟形弹簧，中间部分省略后用细实线画出轮廓范围（图 c）。被剖切弹簧的直径在图形上小于或等于 2mm，如果弹簧内部还有零件，为了便于表达，可按图 f 的示意图绘制。板弹簧允许仅画出外形轮廓（图 g、图 h），平面涡卷弹簧的装配图画法见图 i，弓形板弹簧由多种零件组成，其画法见图 j



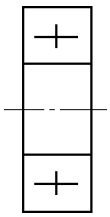
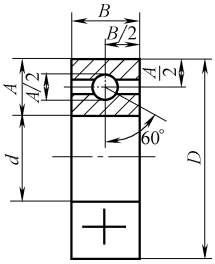
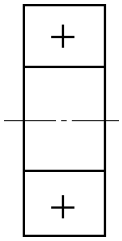
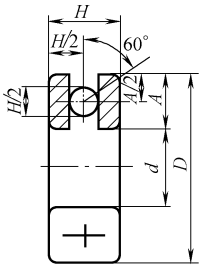
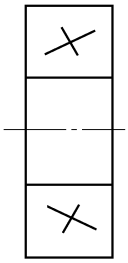
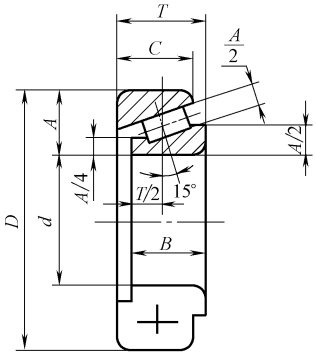
2.5.5　滚动轴承的画法（见表 2-31、表 2-32）

表 2-31　常见滚动轴承的通用画法（简化画法）



a) 普通　　b) 外圈无挡边　　c) 内圈有单挡边圈

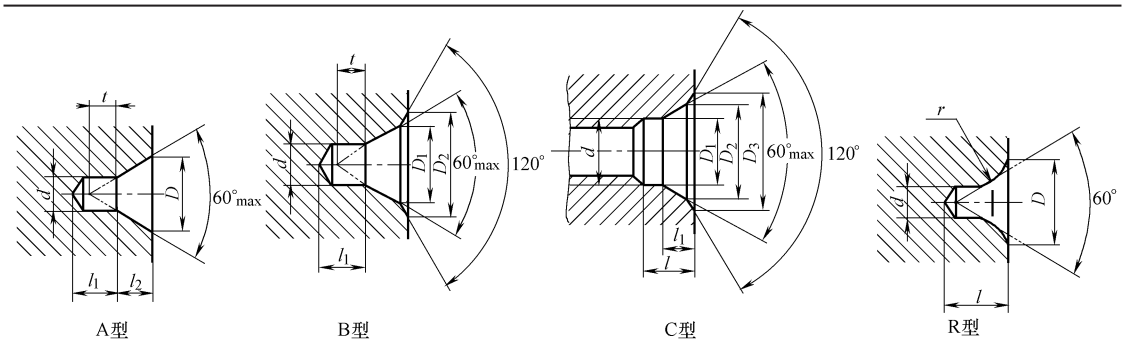
表 2-32　常见滚动轴承的特征画法（简化画法）和规定画法

轴承类型	特征画法	规定画法
深沟球轴承		
推力球轴承		
圆锥滚子轴承		

注：滚动轴承规定了滚动轴承可由三种方法绘制，即轴承的通用画法、特征画法和规定画法。前两种属于简化画法，在同一图样中一般只采用这两种简化画法中的一种。

2.5.6　中心孔（见表 2-33、表 2-34）

表 2-33　中心孔（GB/T 145—2001）　　（mm）



A 型不带护锥中心孔　　B 型带护锥中心孔　　C 型带螺纹中心孔　　R 型弧形中心孔

标记示例：直径 $d=4$mm 的 A 型中心孔　记为：A4/8.5 GB 145—2001

（续）

d	D		D_1	D_2	l_2		t 参考		l_{min}	r max	r min	d	D_1	D_2	D_3	l	l_1 参考	选择中心孔参考数据 轴状原料最大直径
A、B、R 型	A 型	R 型	B 型		A 型	B 型	A 型	B 型	R 型			C 型						
(0.50)	1.06	—	—	—	0.48	—	0.5	—	—	—	—	M3	3.2	5.3	5.8	2.6	1.8	—
(0.63)	1.32	—	—	—	0.60	—	0.6	—	—	—	—	M4	4.3	6.7	7.4	3.2	2.1	—
(0.80)	1.70	—	—	—	0.73	—	0.7	—	—	—	—	M5	5.3	8.1	8.8	4.0	2.4	>3.5～4
1.00	2.12	2.12	2.12	3.15	0.97	1.27	0.9	0.9	2.3	3.15	2.50	M6	6.4	9.6	10.5	5.0	2.8	>4～7
(1.25)	2.65	2.65	2.65	4.00	1.21	1.60	1.1	1.1	2.8	4.00	3.15	M8	8.4	12.2	13.2	6.0	3.3	>7～10
1.60	3.35	3.35	3.35	5.00	1.52	1.99	1.4	1.4	3.5	5.00	4.00	M10	10.5	14.9	16.3	7.5	3.8	>10～18
2.00	4.25	4.25	4.25	6.30	1.95	2.54	1.8	1.8	4.4	6.30	5.00	M12	13.0	18.1	19.8	9.5	4.4	>18～30
2.50	5.30	5.30	5.30	8.00	2.42	3.20	2.2	2.2	5.5	8.00	6.30	M16	17.0	23.0	25.3	12.0	5.2	>30～50
3.15	6.70	6.70	6.70	10.00	3.07	4.03	2.8	2.8	7.0	10.00	8.00	M20	21.0	28.4	31.3	15.0	6.4	>50～80
4.00	8.50	8.50	8.50	12.50	3.90	5.05	3.5	3.5	8.9	12.50	10.00	M24	26.0	34.2	38.0	18.0	8.0	>80～120
(5.00)	10.60	10.60	10.60	16.00	4.85	6.41	4.4	4.4	11.2	16.00	12.50							>120～180
6.30	13.20	13.20	13.20	18.00	5.98	7.36	5.5	5.5	14.0	20.00	16.00							>180～220
(8.00)	17.00	17.00	17.00	22.40	7.79	9.36	7.0	7.0	17.9	25.00	20.00							>220～260
10.00	21.20	21.20	21.20	28.00	9.70	11.66	8.7	8.7	22.5	31.50	25.00							>220～260

注：1. 括号内尺寸尽量不用。

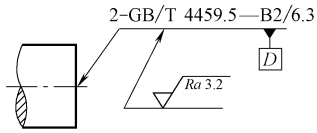
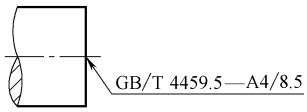
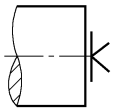
2. A、B 型中尺寸 $16l_1$ 取决于中心钻的长度，此值不应小于 t 值。

3. C 型 l_2 值可根据需要进行调整，调整后仍可按 JB/ZQ 4167—2006《中心孔简化表示法》的规定标注，此时标注的是调整后的 l_2 值。

4. C 型内螺纹 d 的螺纹公差代号取 7H。

5. 表中最后一列给出选择中心孔的参考数据，不属于 GB/ T 145—2001，仅供参考。

表 2-34　中心孔的表示方法（GB/T 4459.5—1999）

符号及标注	含义	符号及标注	含义
GB/T 4459.5—B3.15/10	要求作出 B 型中心孔 d = 3.15mm，D_2 = 10mm 在完工的零件上要求保留中心孔	 2-GB/T 4459.5—B2/6.3	同一轴的两端中心孔相同，可只在其一端标注，但应注出数量、中心孔表面粗糙度代号，以中心孔轴线为基准时，基准代号可在引出线上标出
 GB/T 4459.5—A4/8.5	要求作出 A 型中心孔 d = 4mm，D = 8.5mm 在完工的零件上是否保留中心孔都可以		
 GB/T 4459.5—A4/8.5	要求作出 A 型中心孔 d = 4mm，D = 8.5mm 在完工的零件上不允许保留中心孔		

2.6　机构运动简图（见表 2-35）

表 2-35　机构运动简图符号（GB/T 4460—2013）

名称	基本符号	可用符号
机架		
轴、杆		
组成部分与轴(杆)的固定连接		
连杆 平面机构		
曲柄(或摇杆) 平面机构		
偏心轮		
导杆		
滑块		
摩擦传动 圆柱轮		
圆锥轮		
可调圆锥轮		

名称	基本符号	可用符号
可调状轮		
齿轮传动(不指明齿线)		
圆柱齿轮		
圆锥齿轮		
蜗轮与圆柱蜗杆		
齿条传动 一般表示		
扇形齿轮传动		
盘形凸轮		
圆柱凸轮		
凸轮从动杆		
尖顶		
曲面		
滚子		

（续）

名称	基本符号	可用符号
槽轮机构——一般符号		
棘轮机构 外啮合		
内啮合		
联轴器——一般符号（不指明类型）		
固定联轴器		
可移式联轴器		
弹性联轴器		
啮合式离合器 单向式		
双向式		
摩擦离合器 单向式		
双向式		
电磁离合器		
安全离合器 有易损元件		
无易损元件		
制动器——一般符号		
拉伸弹簧		
扭转弹簧		
涡卷弹簧		

名称	基本符号	可用符号
带传动——一般符号（不指明类型）		附注 若需指明类型可采用下列符号： 三角带传动
链传动——一般符号（不指明类型）		
螺杆传动 整体螺母		
挠性轴		
轴上飞轮		
轴承 向心轴承 普通轴承		
滚动轴承		
推力轴承 单向推力普通轴承		
双向推力普通轴承		
推力滚动轴承		
向心推力轴承 单向向心推力普通轴承		
双向向心推力普通轴承		
向心推力滚动轴承		
弹簧 压缩弹簧	ϕ或□	

第 3 章　常用标准和规范

3.1　冷冲压件结构设计常用资料

3.1.1　冷冲压件常用材料

冲压零件常用材料为：金属材料（碳素结构钢、优质碳素结构钢、不锈钢、铝及铝合金、铜及铜合金）和非金属材料。冲压零件常用金属材料及力学性能见表 3-1。常用不锈钢的代号、性能及用途见表 3-2。常见不锈钢的力学性能见表 3-3。加工用铜的性能特点与用途见表 3-4。铝合金的特性及应用见表 3-5 ~ 表 3-8。常用冲压件非金属材料力学性能见表 3-9。

表 3-1　冲压零件常用金属材料及力学性能

材料名称	牌号	材料状态	力学性能			
			下屈服强度 R_{eL}/MPa	抗剪强度 τ/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	伸长率 A(%)
普通碳素结构钢	Q195	未经退火	195	255 ~ 314	315 ~ 390	28 ~ 31
	Q235		235	303 ~ 372	375 ~ 460	26 ~ 31
	Q275		275	372 ~ 490	490 ~ 610	15 ~ 20
碳素结构钢	08F	已退火	180	230 ~ 310	275 ~ 380	27 ~ 30
	08		200	260 ~ 360	215 ~ 410	27
	10F		690	220 ~ 340	275 ~ 410	27
	10		210	260 ~ 340	295 ~ 430	26
	15		230	270 ~ 380	335 ~ 470	25
	20		250	280 ~ 400	335 ~ 500	24
	35		320	400 ~ 520	490 ~ 635	19
	45		360	440 ~ 560	530 ~ 685	15
	50		380	440 ~ 580	540 ~ 715	13
不锈钢	1Cr13	已退火	120	320 ~ 380	440 ~ 470	20
铝	1060	已退火	50 ~ 80	80	70 ~ 110	20 ~ 28
	1050A	冷作硬化	—	100	130 ~ 140	3 ~ 4
	1200					
硬铝	2A12	已退火	—	105 ~ 125	150 ~ 220	12 ~ 14
		淬硬并经自然时效	368	280 ~ 310	400 ~ 435	10 ~ 13
		淬硬后冷作硬化	340	280 ~ 320	400 ~ 465	8 ~ 10
纯铜	T1	软	70	160	210	29 ~ 48
	T2	硬	—	240	300	25 ~ 40
	T3					
黄铜	H62	软	—	260	294 ~ 300	3
		半硬	200	300	343 ~ 460	20
		硬	—	420	≥12	10
	H68	软	100	240	294 ~ 300	40
		半硬	—	280	340 ~ 441	25
		硬	250	400	392 ~ 400	13

表 3-2 常用不锈钢的代号、性能及用途

我国材料代号（GB 24511—2009）		美国代号（ASTM）	日本代号	类别	性能	用途
统一数字代号	牌号					
S30110	12Cr17Ni7	301	SUS301	奥氏体不锈钢	无淬火硬化效果，无磁性，韧性大，易成形，但较易加工硬化。与 S30408 钢相比，Cr、Ni 含量少，冷加工时抗拉强度和硬度增高，无磁性，但冷加工后有磁性	列车、航空器、传送带、车辆、螺栓、螺母、弹簧、筛网；炊具、食物处理器具，建筑材料
S30408	06Cr19Ni10	304	SUS304		作为一种用途广泛的钢，具有良好的耐蚀性、耐热性，低温强度和机械特性；冲压、弯曲等热加工性好，无热处理硬化现象（无磁性，使用温度 -196 ~ 800℃）。无淬火硬化效果，无磁性，韧性大，易成形，但较易加工硬化	家庭用品（1、2 类餐具、橱柜、室内管线、热水器、钢炉、浴缸），汽车配件（风挡刮雨器、消声器、模制品），医疗器具，建材，化学，食品工业，农业，船舶部件。厨房用具、食品机械、建筑材料
S30403	022Cr19Ni10	304L	SUS304L		作为低碳的 S30403 钢，在一般状态下，其耐蚀性与 S30408 钢相似，但在焊接后或者消除应力后，其抗晶界腐蚀能力优秀；在未进行热处理的情况下，亦能保持良好的耐蚀性，使用温度：196 ~ 800℃	应用于抗晶界腐蚀性要求高的化学、煤炭、石油产业的野外露天机器，建材耐热零件及热处理有困难的零件
S30110	12Cr17Ni7	301	SUS301		与 S30403 钢相比，Cr、Ni 含量少，冷加工时抗拉强度和硬度增高，无磁性，但冷加工后有磁性	列车、航空器、传送带、车辆、螺栓、螺母、弹簧、筛网
S31608	06Cr17Ni12Mo2	316	SUS316		因添加 Mo，故其耐蚀性、耐大气腐蚀性和高温强度特别好，可在恶劣的条件下使用；加工硬化性优（无磁性）	海水中的设备、化学、染料、造纸、草酸、肥料等生产设备；照相、食品工业、沿海地区设施、绳索、螺栓、螺母
S31603	022Cr17Ni12Mo2	316L	SUS316L		作为 S31608 钢种的低碳系列，除与 S31608 钢有相同的特性外，其抗晶界腐蚀性优	用于对抗晶界腐蚀性有特别要求的产品
S32168	06Cr18Ni11Ti	321	SUS321		在 S30408 钢中添加 Ti 元素来防止晶界腐蚀，适用于在 430 ~ 900℃温度下使用	航空器、排气管、锅炉汽包
S11163	022Cr11Ti	409I	SUS409L	铁素体不锈钢	因添加了 Ti 元素，故其高温耐蚀性及高温强度较好	汽车排气管、换热器、集装箱等在焊接后不热处理的产品
S11710	10Cr17	430	SUS430		无淬火硬化效果，性质与软钢相似，容易成形。作为铁素体钢的代表钢种，热膨胀率低，成形性及耐氧化性优	耐热器具、燃烧器、家电产品、2 类餐具、厨房洗涤槽、外部装饰材料、螺栓、螺母、筛网
S41010	12Cr13	410	SUS410	马氏体型不锈钢	可淬火硬化，具有良好的耐磨性，性质接近工具钢。作为马氏体钢的代表，虽然强度高，但不适合于恶劣的腐蚀环境下使用；其加工性好，易热处理硬化（有磁性）	刀刃、机械零件、石油精炼装置、螺栓、螺母、泵杆、1 类餐具（刀叉）

表 3-3　常见不锈钢的力学性能（摘自 GB 24511—2009）

经固溶处理的奥氏体型钢室温下的力学性能

统一数字代号	牌　　号	各类型产品的最大厚度/mm		规定非比例延伸强度 $R_{P0.2}$/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{P1.0}$/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后伸长率 A（%）	硬度值		
								HBW	HRB	HV
				不小于				不大于		
S30408	06Cr19Ni10	C	8	205	250	520	40	201	92	210
		H	14							
		P	80							
S30403	022Cr19Ni10	C	8	180	230	490	40	201	92	210
		H	14							
		P	80							
S30409	07Cr19Ni10	C	8	205	250	520	40	201	92	210
		H	14							
		P	80							
S31008	06Cr25Ni20	C	8	205	240	520	40	217	95	220
		H	14							
		P	80							
S31608	06Cr17Ni12Mo2	C	8	205	260	520	40	217	95	220
		H	14							
		P	80							
S31603	022Cr17Ni12Mo2	C	8	180	260	490	40	217	95	220
		H	14							
		P	80							
S31668	06Cr17Ni12Mo2Ti	C	8	205	260	520	40	217	95	220
		H	14							
		P	80							
S39042	015Cr21Ni26Mo5Cu2	C	8	220	260	490	35	—	90	—
		H	14							
		P	80							
S31708	06Cr19Ni13Mo3	C	8	205	260	520	35	217	95	220
		H	14							
		P	80							
S31703	022Cr19Ni13Mo3	C	8	205	260	520	40	217	95	220
		H	14							
		P	80							
S32168	06Cr18Ni11Ti	C	8	205	250	520	40	217	95	220
		H	14							
		P	80							

经热处理的奥氏体-铁素体型钢的室温力学性能

统一数字代号	牌号	各类型产品的最大厚度/mm		拉伸试验			硬度试验	
				规定非比例延伸强度 $R_{P0.2}$/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后伸长率 A（%）	HBW	HRC
				不小于			不大于	
S21953	022Cr19Ni5Mo3Si2N	C	8	440	630	25	290	31
		H	14					
		P	80					

（续）

统一数字代号	牌号	各类型产品的最大厚度/mm		拉伸试验			硬度试验	
				规定非比例延伸强度 $R_{P0.2}$/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后伸长率 A（%）	HBW	HRC
				不小于			不大于	
S22253	022Cr22Ni5Mo3N	C	8	450	620	25	293	31
		H	14					
		P	80					
S22053	022Cr23Ni5Mo3N	C	8	450	620	25	293	31
		H	14					
		P	80					

经退火处理的铁素体型钢室温下的力学性能和工艺性能

统一数字代号	牌号	各类型产品的最大厚度		拉伸试验			硬度试验			弯曲试验
				规定非比例延伸强度 $R_{P0.2}$/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后伸长率 A（%）	HBW	HRB	HV	180° $b=2a$
				不小于			不大于			
S11348	06Cr13Al	C	8	170	415	20	179	88	200	$d=2a$
		H	14							
		P	25							
S11972	019Cr19Mo2NbTi	C	8	275	415	20	217	96	230	$d=2a$
S11306	06Cr13	C	8	205	415	20	183	89	200	$d=2a$
		H	14							
		P	25							

表 3-4　加工用铜的性能特点与用途（GB/T 5231—2001）

牌号	性能特点	用途举例
T1 T2	有良好的导电、导热、耐蚀和加工性能，含降低导电性、导热性的杂质较少，可以焊接，但微量的氢易引起“氢病”，因此不宜在高于 370℃ 环境中加工（如退火焊接等）和使用	常用做导电、导热、耐蚀器材，如电线、电缆、蒸发器、储藏器等
T3	与 T1、T2 相比，含降低导电、导热的杂质多，含氧量更高，更易引起“氢病”，不能在高温还原性环境中应用、加工	仅用做一般铜材，如电气开关、垫、钉、油管及其他管道
TP1 TP2	焊接、冷弯性能好，可在还原性环境中加工、使用，但不宜在氧化环境中加工、使用，TP1 的导电、导热性比 TP2 好	主要以管材供应，偶尔也有以棒、板、带、线供应，多用来制造各种输送管、冷凝管、蒸发器、换热器
TAg0.1	具有很好的耐磨性、电接触性和耐蚀性，银的作用可提高再结晶温度和蠕变强度，在实际应用中，多以冷作硬化方式提高强度	用做耐热、耐磨导电器材，如：导线、通信线、电动机换向器片、发电机转子用导体、电子管材料等

表 3-5　铝合金的典型力学性能

铝合金牌号及状态	抗拉强度(25℃)/MPa	屈服强度(25℃)/MPa	硬度(500kgf、10mm 球)	延伸率 1.6mm(1/16in)厚度
5052-H112	175	195	60	12
5083-H112	180	211	65	14
6061-T651	310	276	95	12
7050-T7451	510	455	135	10
7075-T651	572	503	150	11
2024-T351	470	325	120	20

表 3-6　铝合金的典型物理性能

铝合金牌号及状态	热膨胀系数(20～100℃)/($\mu m \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	熔点范围/℃	电导率 20℃(%IACS)	电阻率 20℃ $\Omega mm^2/m$	密度 20℃/($g \cdot cm^{-3}$)
2024-T351	23.2	500～635	30	0.058	2.82
5052-H112	23.8	607～650	35	0.050	2.72
5083-H112	23.4	570～640	29	0.059	2.72
6061-T651	23.6	580～650	43	0.040	2.73
7050-T7451	23.5	490～630	41	0.0415	2.82
7075-T651	23.6	475～635	33	0.0515	2.82

表 3-7　铝合金的化学成分　(质量分数,%)

合金牌号	硅 Si	铁 Fe	铜 Cu	锰 Mn	镁 Mg	铬 Cr	锌 Zn	钛 Ti	其他		铝
									每种	合计	最小值
2024	23.2	0.5	3.8～4.9	0.3～0.9	1.2～1.8	0.1	0.25	0.15	0.05	0.15	余量
5052	25	0.4	0.1	0.1	2.2～2.8	0.15～0.35	0.1	—	0.05	0.15	余量
5083	23.8	0.4	0.1	0.3～1.0	4.0～4.9	0.05～0.25	0.25	0.15	0.05	0.15	余量
6061	23.6	0.7	0.15～0.4	0.15	0.8～1.2	0.04～0.35	0.25	0.15	0.05	0.15	余量
7050	23.5	0.15	2.0～2.6	0.1	1.9～2.6	0.04	5.7～6.7	0.06	0.05	0.15	余量
7075	23.6	0.5	1.2～2.0	0.3	2.1～2.9	0.18～0.28	5.1～6.1	0.2	0.05	0.15	余量

表 3-8　铝合金典型应用领域

用　　途	2024	5052	5083	6061	7050	7075
农业	—	●	—	●	—	—
航空器	●	—	—	●	●	●
模具	—	●	—	●	—	●
机械设备	●	●	—	●	●	●
五金零件	—	—	—	●	—	—
建筑	—	●	—	●	—	—
机动车	●	—	—	●	—	—
建筑产品	—	●	—	●	—	—
化学设备	—	—	—	●	—	—
集装箱	—	—	—	—	—	—
烹饪用具	—	—	—	—	—	—
圆筒或活塞	●	—	—	●	—	—
泵体	—	—	—	●	—	—
电子	—	—	—	●	—	—
电工	—	●	—	●	—	—
紧固件	●	●	—	●	●	●

（续）

用　　途	2024	5052	5083	6061	7050	7075
屏蔽线	—	—	—	●	—	—
扇叶	—	—	—	●	—	—
家具	—	—	—	●	—	—
筒状容器	—	—	—	—	—	—
硬件装置	●	—	—	●	●	●
医疗设备	●	—	—	●	—	—
厨房设备	—	●	—	●	—	—
灯座	—	—	—	—	—	—
水上设施	—	●	—	●	—	—
机械配件	●	—	—	●	●	●
名称招牌	—	—	—	—	—	—
军火用品	●	—	—	●	●	●
管道	—	—	—	●	—	—
车体	—	●	—	●	—	—
娱乐设施	●	—	—	●	●	●
储存箱	—	●	—	●	—	—
架构	—	—	—	●	—	—
卡车与拖车	—	●	—	●	—	—
拉链	—	—	—	—	—	—

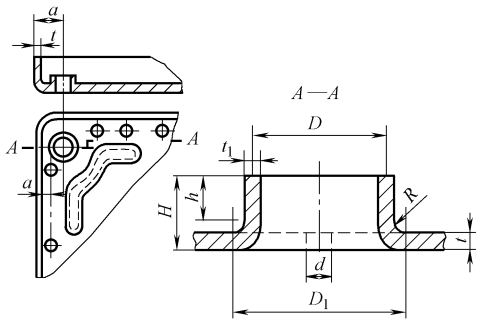
注：圆点表示可以应用。

表 3-9　常用冲压件非金属材料力学性能

材　料　名　称	抗弯强度 σ_{bb}/MPa	
	用管状凸模裁切时	用普通凸模冲裁时
纸胶板	100～130	140～200
布胶板	90～100	120～180
石棉板	40～50	—
橡皮	1～6	20～80
有机玻璃、聚氯乙烯	70～80	100～130

3.1.2　冷冲压件的结构工艺参数（表 3-10～表 3-14，图 3-1）

表 3-10　翻孔尺寸及其距离边缘的最小距离



翻孔的圆角半径	$t \leqslant 2$mm 时，$R=(4\sim5)t$ $t>2$mm 时　$R=(2\sim3)t$
翻孔边缘的最小厚度	$t_1=t\sqrt{K}$
翻边高度	$H=(D-d)/2+0.43R+0.72t$
翻边前孔的直径	$d=D_1-(\pi(R+t/2)+2h)$
翻孔的适宜板厚	$t=0.25\sim0.3$
翻孔离边缘的距离	a 一般不宜小于$(7\sim8)t$
凸缘的最大允许直径	$D=d/K$

注：K—翻边时材料（退火的）变薄的最大允许范围系数，白铁皮为 0.7，黄铜 H62 为 0.68，酸洗钢板为 0.72，软铝为 0.76，硬铝为 0.89。

表 3-11　最小可冲孔尺寸

材　　料	圆孔直径	方孔边长	长方孔短边	长圆孔边长
	mm			
钢(R_m >700MPa)	1.5	1.3	1.2	1.1
钢(500MPa < R_m ≤700MPa)	1.3	1.2	1	0.9
钢(R_m ≤500MPa)	1	0.9	0.8	0.7
黄铜	0.9	0.8	0.7	0.6
铝、锌	0.8	0.7	0.6	0.5
胶布板	0.7	0.6	0.5	0.4
纸板	0.6	0.5	0.4	0.3

注：当板厚≤4mm 时，可以冲出垂直孔；当板厚为 4 ~ 5mm 时，孔的每边需做出 6° ~ 10°的斜度。

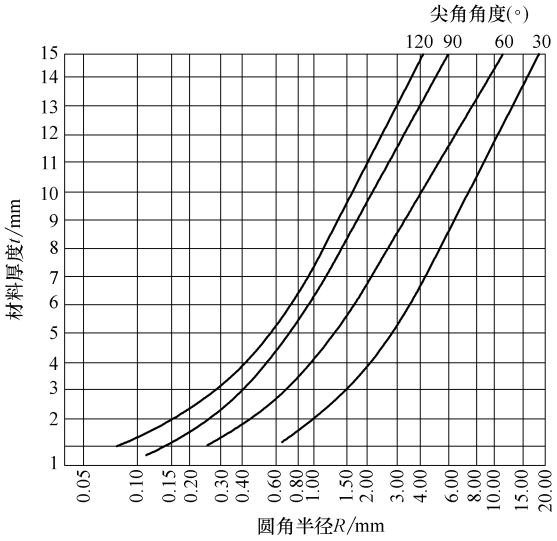


图 3-1　根据材料厚度和角度大小决定精冲件最小圆角半径（R_m <450MPa）

表 3-12　最小弯曲圆角半径的确定

材　　料	正火或退火		硬化	
	弯曲线方向			
	与轧纹垂直	与轧纹平行	与轧纹垂直	与轧纹平行
铝	0	0.3	0.3	0.8
退火纯铜			1.0	2.0
黄铜 H68			0.4	0.8
05、08F			0.2	0.5
08、10、Q215	0	0.4	0.4	0.8
15、20、Q235	0.1	0.5	0.5	1.0
25、30、Q255	0.2	0.6	0.6	1.2
35、40	0.3	0.8	0.8	1.5
45、50	0.5	1.0	1.0	1.7
55、60	0.7	1.3	1.3	2.0
硬铝(软)	1.0	1.5	1.5	2.5
硬铝(硬)	2.0	3.0	3.0	4.0
镁合金	300℃热弯		冷弯	
MA1-M	2.0	3.0	6.0	8.0
MA8-M	1.5	2.0	5.0	6.0

（续）

材　料	正火或退火		硬化	
	弯曲线方向			
	与轧纹垂直	与轧纹平行	与轧纹垂直	与轧纹平行
钛合金	300～400℃热弯		冷弯	
BT1	1.5	2.0	3.0	4.0
BT5	3.0	4.0	5.0	6.0
钼合金（$t \leqslant 2$mm）	400～500℃热弯		冷弯	
BM1，BM2	2.0	3.0	4.0	5.0

表 3-13　平冲压件和成形冲压件尺寸公差（GB/T 13914—2002）　　（mm）

基本尺寸		板材厚度		公差等级										
大于	至	大于	至	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11
—	1	—	0.5	0.008	0.010	0.015	0.020	0.030	0.040	0.060	0.080	0.120	0.160	—
		0.5	1	0.010	0.015	0.020	0.030	0.040	0.060	0.080	0.120	0.160	0.240	—
		1	1.5	0.015	0.020	0.030	0.040	0.060	0.080	0.120	0.160	0.240	0.340	—
1	3	—	0.5	0.012	0.018	0.026	0.036	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400
		0.5	1	0.018	0.026	0.036	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560
		1	3	0.026	0.036	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780
		3	4	0.034	0.050	0.070	0.090	0.130	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980
3	10	—	0.5	0.018	0.026	0.036	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560
		0.5	1	0.026	0.036	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780
		1	3	0.036	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780	1.100
		3	6	0.046	0.060	0.090	0.130	0.180	0.260	0.360	0.480	0.680	0.980	1.400
		6	—	0.060	0.080	0.110	0.160	0.220	0.300	0.420	0.600	0.840	1.200	1.600
10	25	—	0.5	0.026	0.036	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780
		0.5	1	0.036	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780	1.100
		1	3	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780	1.100	1.500
		3	6	0.060	0.090	0.130	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	1.000	1.400	2.000
		6	—	0.080	0.120	0.160	0.220	0.320	0.440	0.600	0.880	1.200	1.600	2.400
25	63	—	0.5	0.036	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780	1.100
		0.5	1	0.050	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780	1.100	1.500
		1	3	0.070	0.100	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780	1.100	1.500	2.100
		3	6	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400	2.000	2.800
		6	—	0.110	0.160	0.220	0.300	0.440	0.600	0.860	1.200	1.600	2.200	3.000
63	160	—	0.5	0.040	0.060	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400
		0.5	1	0.060	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400	2.000
		1	3	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400	2.000	2.800
		3	6	0.120	0.160	0.240	0.320	0.460	0.640	0.900	1.300	1.800	2.500	3.600
		6	—	0.140	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780	1.100	1.500	2.100	2.900	4.200
160	400	—	0.5	0.060	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400	2.000
		0.5	1	0.090	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	1.000	1.400	2.000	2.800
		1	3	0.120	0.180	0.260	0.360	0.500	0.700	1.000	1.400	2.000	2.800	4.000
		3	6	0.160	0.240	0.320	0.460	0.640	0.900	1.300	1.800	2.600	3.600	4.800
		6	—	0.200	0.280	0.400	0.560	0.780	1.100	1.500	2.100	2.900	4.200	5.800
400	1000	—	0.5	0.090	0.120	0.180	0.240	0.340	0.480	0.660	0.940	1.300	1.800	2.600
		0.5	1	—	0.180	0.240	0.340	0.480	0.660	0.940	1.300	1.800	2.600	3.600
		1	3	—	0.240	0.340	0.480	0.660	0.940	1.300	1.800	2.600	3.600	5.000
		3	6	—	0.320	0.450	0.620	0.880	1.200	1.600	2.400	3.400	4.600	6.600
		6	—	—	0.340	0.480	0.700	1.000	1.400	2.000	2.800	4.000	5.600	7.800

（续）

基本尺寸		板材厚度		公差等级										
大于	至	大于	至	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10	ST11
1000	6300	—	0.5	—	—	0.260	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400	2.000	2.800	4.000
		0.5	1	—	—	0.360	0.500	0.700	0.980	1.400	2.000	2.800	4.000	5.600
		1	3	—	—	0.500	0.700	0.980	1.400	2.000	2.800	4.000	5.600	7.800
		3	6	—	—	—	0.900	1.200	1.600	2.200	3.200	4.400	6.200	8.000
		6	—	—	—	—	1.000	1.400	1.900	2.600	3.600	5.200	7.200	10.000

成形冲压件尺寸公差

基本尺寸		板材厚度		公差等级									
大于	至	大于	至	FT1	FT2	FT3	FT4	FT5	FT6	FT7	FT8	FT9	FT10
—	1	—	0.5	0.010	0.016	0.026	0.040	0.060	0.100	0.160	0.260	0.400	0.600
		0.5	1	0.014	0.022	0.034	0.050	0.090	0.140	0.220	0.340	0.500	0.900
		1	1.5	0.020	0.030	0.050	0.080	0.120	0.200	0.320	0.500	0.900	1.400
1	3	—	0.5	0.016	0.026	0.040	0.070	0.110	0.180	0.280	0.440	0.700	1.000
		0.5	1	0.022	0.036	0.060	0.090	0.140	0.240	0.380	0.600	0.900	1.400
		1	3	0.032	0.050	0.080	0.120	0.200	0.340	0.540	0.860	1.200	2.000
		3	4	0.040	0.070	0.110	0.180	0.280	0.440	0.700	1.100	1.800	2.800
3	10	—	0.5	0.022	0.036	0.060	0.090	0.140	0.240	0.380	0.600	0.960	1.400
		0.5	1	0.032	0.050	0.080	0.120	0.200	0.340	0.540	0.860	1.400	2.200
		1	3	0.050	0.070	0.110	0.180	0.300	0.480	0.760	1.200	2.000	3.200
		3	6	0.060	0.090	0.140	0.240	0.380	0.600	1.000	1.600	2.600	4.000
		6	—	0.070	0.110	0.180	0.280	0.440	0.700	1.100	1.800	2.800	4.400
10	25	—	0.5	0.030	0.050	0.080	0.120	0.200	0.320	0.500	0.300	1.200	2.000
		0.5	1	0.040	0.070	0.110	0.180	0.280	0.460	0.720	1.100	1.800	2.800
		1	3	0.060	0.100	0.160	0.260	0.400	0.640	1.000	1.600	2.600	4.000
		3	6	0.080	0.120	0.200	0.320	0.500	0.800	1.200	2.000	3.200	5.000
		6	—	0.100	0.140	0.240	0.400	0.620	1.000	1.600	2.600	4.000	6.400
25	63	—	0.5	0.040	0.060	0.100	0.160	0.260	0.400	0.640	1.000	1.600	2.600
		0.5	1	0.060	0.090	0.140	0.220	0.360	0.580	0.900	1.400	2.200	3.600
		1	3	0.080	0.120	0.200	0.320	0.500	0.800	1.200	2.000	3.200	5.000
		3	6	0.100	0.160	0.260	0.400	0.660	1.000	1.600	2.600	4.000	6.400
		6	—	0.110	0.180	0.280	0.460	0.760	1.200	2.000	3.200	5.000	8.000
63	160	—	0.5	0.050	0.080	0.140	0.220	0.360	0.560	0.900	1.400	2.200	3.600
		0.5	1	0.070	0.120	0.190	0.300	0.480	0.780	1.200	2.000	3.200	5.000
		1	3	0.100	0.160	0.260	0.420	0.680	1.100	1.300	2.800	4.400	7.000
		3	6	0.140	0.220	0.340	0.540	0.880	1.400	2.200	3.400	5.600	9.000
		6	—	0.150	0.240	0.380	0.620	1.000	1.600	2.600	4.000	6.600	10.000
160	400	—	0.5	—	0.100	0.160	0.260	0.420	0.700	1.100	1.800	2.800	4.400
		0.5	1	—	0.140	0.240	0.380	0.620	1.000	1.600	2.600	4.000	6.400
		1	3	—	0.220	0.340	0.540	0.880	1.400	2.200	3.400	5.600	9.000
		3	6	—	0.280	0.440	0.700	1.100	1.800	2.800	4.400	7.000	11.000
		6	—	—	0.340	0.540	0.880	1.400	2.200	3.400	5.600	9.000	14.000
400	1000	—	0.5	—	—	0.240	0.380	0.620	1.000	1.600	2.600	4.000	6.600
		0.5	1	—	—	0.340	0.540	0.880	1.400	2.200	3.400	5.600	9.000
		1	3	—	—	0.440	0.700	1.100	1.800	2.800	4.400	7.000	11.000
		3	6	—	—	0.560	0.900	1.400	2.200	3.400	5.600	9.000	14.000
		6	—	—	—	0.620	1.000	1.600	2.600	4.000	6.400	10.000	16.000

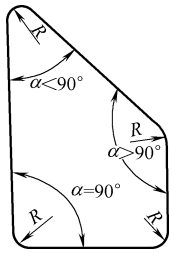
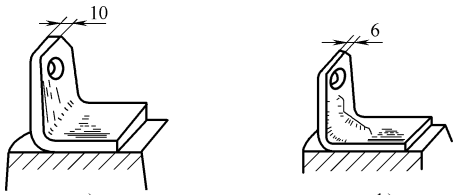
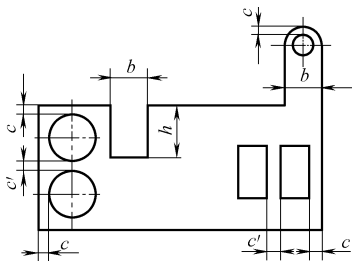
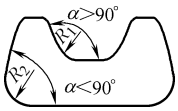
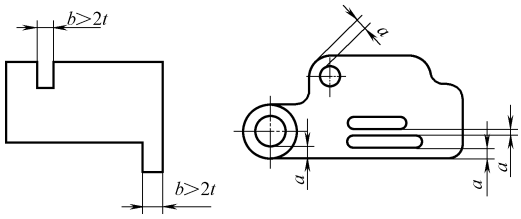
表 3-14　冲裁件的最小过渡圆角半径 r_{min}

零件种类			黄铜、纯铜、铝	合金钢	软钢	备注
落料	交角	≥90°	0.18t	0.35t	0.25t	≥0.25mm
		<90°	0.35t	0.70t	0.50t	≤0.50mm
冲孔	交角	≥90°	0.20t	0.45t	0.30t	≥0.30mm
		<90°	0.40t	0.90t	0.60t	≤6mm

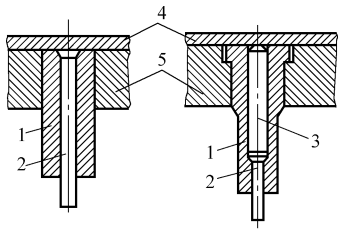
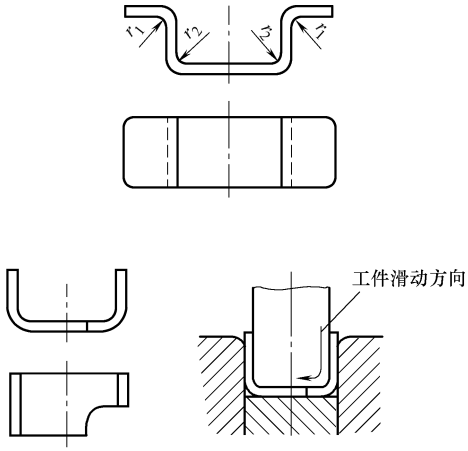
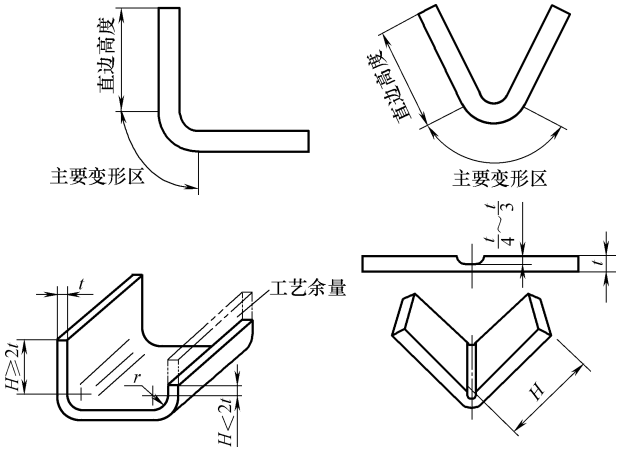
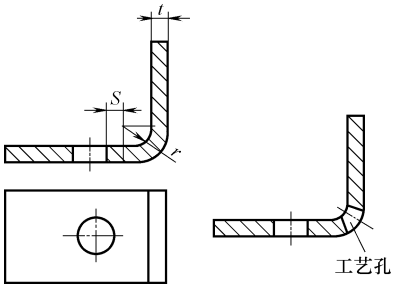
注：t 为材料厚度，当 t <1mm 时，均按 t =1mm 计。

3.1.3　冷冲压件的结构设计注意事项（表 3-15）

表 3-15　冷冲压件的结构设计注意事项

名称	图　　例	注意事项
冲裁件的结构设计		(1) 应尽可能简单、对称、避免复杂形状的曲线 (2) 外形和内孔应避免尖角，用圆弧过渡 (3) 各种材料的冲裁件的最小过渡圆角半径 r_{min} 应按表 3-14 设计
	 a)　　b)	冲压件的厚度设计：在满足强度的条件下，尽量用较薄的材料，可通过加筋以提高冲压件的刚度，如图 b 所示
		为保证冲裁件的强度、凸模和凹模的强度，应注意： (1) 尽量避免狭长的槽与过长的悬臂 (2) 保证孔与孔之间的距离 c' ≥1.5t，孔与边缘间的距离 c ≥t ，t 为材料厚度 (3) 保证 b >2t，t 为材料厚度
		冲裁件上直线与直线、曲线与直线的交接处，均应用圆弧连接。过渡圆角半径 r_{min} 应按表 3-14 设计
		冲裁件应避免过长的悬臂和窄槽结构，以防止因凸模过细而在冲裁时折断

（续）

名称	图　　例	注意事项
冲裁件的结构设计		冲孔时，因受凸模强度的限制，孔的尺寸不应太小，否则凸模易折断或压弯
弯曲件的结构设计		弯曲件的形状要求： 一般要求弯曲件形状对称，弯曲半径应左右对称；弯曲半径左右不对称，则弯曲时坯料受力不平衡而滑动
		弯曲件的直边高度要求：指弯曲件非变形区的直边的长度；当直边高度 $H<2t$ 时： ①加工余量 ②在弯曲内 R 处压凹坑
		弯曲件孔边距要求：当弯曲带孔的工件时，如孔位于弯曲变形区附近，则弯曲后孔的形状会发生改变。使孔处于弯曲变形区之外 先冲孔后弯曲，要求： 当 $t<2$mm 时，$S\geqslant t$； 当 $t\geqslant 2$mm 时，$S\geqslant 2t$ 不满足上述要求时，必须先弯曲，再冲孔

（续）

名称	图　　例	注意事项
拉深件的结构设计	余量　余量 a)　b)	拉深件的形状应注意： (1)拉深件的形状要简单、对称 (2)尽量避免半敞开及非对称的空心件，否则应设计成对称组合的拉深，然后剖开
	d　t　R_p	拉深件的高度应注意： 一次成形零件的拉深高度应满足： ①无凸缘筒形件：$h \leqslant (0.5 \sim 0.7)d$，$d$ 为拉深件壁厚中径 ②带凸缘筒形件：当 $d_t/d \leqslant 1.5$ 时，$h \leqslant (0.4 \sim 0.6)d$，$d_t$ 为拉深件凸缘直径
	t　R　r　a　H	拉深件的圆角半径应满足以下条件： $R \geqslant 2t$，最好 $R \geqslant (4 \sim 8)t$； $r \geqslant t$，最好 $r \geqslant (3 \sim 5)t$； 当 $R < 2t$ 或 $r < t$ 时，需增加整形工序
复杂件		形状复杂的冲压件可分解为简单件，再组合，可以简化工艺并能节省材料
	$\phi43$　42　$\phi52$　27　$\phi130$ a) 改进前 $\phi52$　8　10　$\phi130$ b) 改进后	形状复杂的冲压件可简化结构、减少工序，例如消声器后盖的零件由图 a 的结构改为图 b 的结构后，结构简单了，加工工艺简单了，但功能不变

3.2　铸件结构设计常用资料

3.2.1　常用铸件的结构特点及应用

常用的铸造金属材料可分为铸铁、铸钢和铸造非铁合金，其中 95% 以上的铸件是采用

铸铁与铸钢制成的，常用铸件的结构特点及应用见表 3-16。

表 3-16　常用材料铸件的结构特点及应用

类　　别	性能特点	结构特点及应用
灰铸铁件	流动性好；体收缩和线收缩小；缩合力学性能低，抗压强度比抗拉强度高约 3 ~ 4 倍；吸振性好；弹性模量较低	形状可以复杂，结构允许不对称，有箱体形、筒形等。例如，用于发动机的气缸体、筒套，各种机床的床身、底座、平板、平台等铸件
球墨铸铁件	流动性与灰铸铁相近；体收缩比灰铸铁大，而线收缩小，易形成缩孔、疏松，综合力学性能较高，弹性模量比灰铸铁高；抗磨性好；冲击韧度、疲劳强度较好。消振能力比灰铸铁低	一般多设计成均匀壁厚；对于厚大断面件，可采用空心结构，如球墨铸铁曲轴轴颈部分
可锻铸铁件	流动性比灰铸铁差；体收缩很大，退火后最终线收缩很小。退火前很脆，毛坯易损坏。综合力学性能稍次于球墨铸铁，冲击韧度比灰铸铁大 3 ~ 4 倍	由于铸态要求白口，一般是薄壁均匀件，常用厚度为 5 ~ 16mm。为增加其刚性，截面形状多为工字形、丁字形或箱形，避免十字形截面；零件突出部分应用肋条加固
铸钢件	流动性差，体收缩、线收缩和裂纹敏感性都较大。综合力学性能高；抗压强度与抗拉强度几乎相等。吸振性差	结构应具有最少的热节点，并创造顺序凝固的条件。相邻壁的连接和过渡更应圆滑；铸件截面应采用箱形和槽形等近似封闭状的结构；一些水平壁应改成斜壁或波浪形；整体壁改成带窗口的壁，窗口形状最好为椭圆形或圆形，窗口边缘应做出凸台，以减少产生裂纹的可能
铸造锡青铜和铸造磷青铜	铸造性能类似灰铸铁。但结晶范围大，易产生缩松；流动性差；高温性能差，易脆。强度随截面增大而显著下降。耐磨性好	壁厚不得过大；零件突出部分应用较薄的加强肋加固，以免热裂；形状不宜太复杂
铸造无锡青铜和铸造黄铜	收缩较大，结晶范围小，易产生集中缩孔；流动性好。耐磨、耐腐蚀性好	类似铸钢件
铝合金件	铸造性能类似铸钢，但强度随壁厚增大而下降得更显著	壁厚不能过大。其余类似铸钢件

3.2.2　铸件的结构工艺参数（表 3-17 ~ 表 3-28）

表 3-17　铸件最小壁厚　（mm）

铸造方法	铸件尺寸	铸钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铝合金	镁合金	高锰铜
砂型	<200×200	6 ~ 8	5 ~ 6	6	4 ~ 5	3		20
	>200×200 ~ 500×500	10 ~ 12	6 ~ 10	12	5 ~ 8	4	3	
	>500×500	18 ~ 25	15 ~ 20			5 ~ 7		
金属型	<70×70	5	4		2.5 ~ 3.5	2 ~ 3		
	>70×70 ~ 150×150		5		3.5 ~ 4.5	4	2.5	
	>150×150	10	6			5		

注：1. 一般铸造条件下，各种灰铸铁的最小允许壁厚：HT100 及 HT150 为 $t = 4 \sim 6$mm；HT200 为 $t = 6 \sim 8$mm；HT250 为 $t = 8 \sim 15$mm。

2. 如有特殊需要，在改善铸造条件下，灰铸铁最小壁厚可达 3mm，可锻铸铁可小于 3mm。

表 3-18　灰铸铁件壁厚的参考值

铸件质量 /kg	铸件最大尺寸 /mm	外壁厚度 /mm	内壁厚度 /mm	筋的厚度 /mm	零　件　举　例
<5	300	7	6	5	盖、拨叉、轴套、端盖
6 ~ 10	500	8	7	5	挡板、支架、箱体、门、盖
11 ~ 60	750	10	8	6	箱体、电动机支架、溜板箱、托架
61 ~ 100	1250	12	10	8	箱体、液压缸体、溜板箱
101 ~ 500	1700	14	12	8	油盘、带轮、镗模架
501 ~ 800	2500	16	14	10	箱体、床身、盖、滑座
801 ~ 1200	3000	18	16	12	小立柱、床身、箱体、油盘

表 3-19　最小铸孔尺寸　（mm）

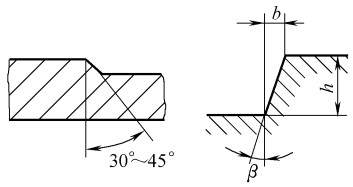
材料	孔壁厚度	<25		26 ~ 50		51 ~ 75		76 ~ 100		101 ~ 150		151 ~ 200		201 ~ 300		≥301	
	孔的深度	最小孔径															
		✓	⊘✓	✓	⊘✓	✓	⊘✓	✓	⊘✓	✓	⊘✓	✓	⊘✓	✓	⊘✓	✓	⊘✓
碳钢与一般合金钢	≤100	75	55	75	55	90	70	100	80	120	100	140	120	160	140	180	160
	101 ~ 200	75	55	90	70	100	80	110	90	140	120	160	140	180	160	210	190
	201 ~ 400	105	80	115	90	125	100	135	110	165	140	195	170	215	190	255	230
	401 ~ 600	125	100	135	110	145	120	165	140	195	170	225	200	255	230	295	270
	601 ~ 1000	150	120	160	130	180	150	200	170	230	200	260	230	300	270	340	310
高锰钢	孔壁厚度	<50				51 ~ 100				≥101							
	最小孔径	20				30				40							
灰铸铁	大量生产:12 ~ 15,成批生产:15 ~ 30,小批、单件生产:30 ~ 50																

注：1. 不通圆孔最小允许铸造孔直径应比表中值大 20%，矩形或方形孔其短边要大于表中值的 20%，而矩形或方形不通孔则要大 40%。

2. 表中✓表示加工后孔径，⊘✓表示不加工的孔径。

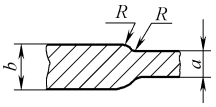
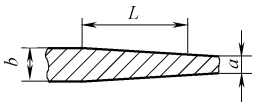
3. 难加工的金属，如高锰钢等铸件的孔应尽量铸出，而其中需要加工的孔，常用镶铸碳素钢的办法，待铸出后，再对镶铸的碳素钢部分进行加工。

表 3-20　铸造斜度　（mm）



斜度 $b:h$	角度 β	使用范围
1:5	11°30′	$h<25$mm 时钢和铁的铸件
1:10 1:20	5°30′3°	h 在 25 ~ 500mm 时钢和铁的铸件
1:50	1°	$h>500$mm 时钢和铁的铸铁
1:100	30′	有色金属铸件

表 3-21　壁厚过渡尺寸　（mm）

图　例	过　渡　尺　寸											
	$b\leqslant 2a$	铸铁	$R\geqslant\left(\frac{1}{3}\sim\frac{1}{2}\right)\left(\frac{a+b}{2}\right)$										
		铸钢 可锻铸铁	$\frac{a+b}{2}$	<12	12 ~ 16	16 ~ 20	20 ~ 27	27 ~ 35	35 ~ 45	45 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 110	110 ~ 150
		非铁合金	R	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40
	$b>2a$	铸铁	$L\geqslant 4(b-a)$										
		铸钢	$L\geqslant 5(b-a)$										

（续）

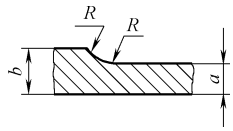
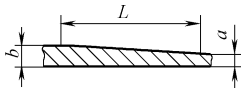
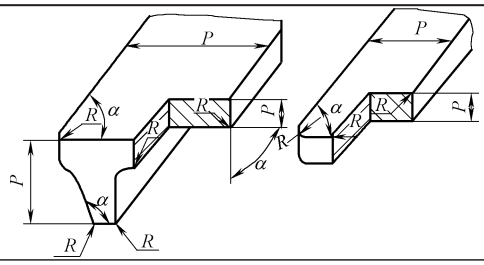
图　例	过　渡　尺　寸	
	$b \leqslant 1.5a$	$R \geqslant \frac{2a+b}{2}$
	$b > 1.5a$	$L = 4(a+b)$

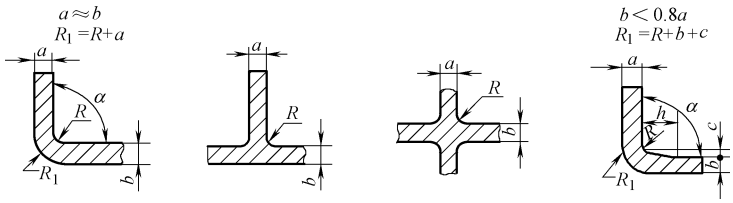
表 3-22　铸造外圆角　（mm）



表面的最小边尺寸 P	外圆角 α					
	≤50°	51°～75°	76°～105°	106°～135°	136°～165°	>165°
≤25	2	2	2	4	6	8
>25～60	2	4	4	6	10	16
>60～160	4	4	6	8	16	25
>160～250	4	6	8	12	20	30
>250～400	6	8	10	16	25	40
>400～600	6	8	12	20	30	50
>600～1000	8	12	16	25	40	60
>1000～1600	10	16	20	30	50	80
>1600～2500	12	20	25	40	60	100
>2500	16	25	30	50	80	120

注：当铸件按表中数值可选出许多不同的圆角时，应尽量减少或只取一适当的圆角以求统一。

表 3-23　铸造内圆角及过渡尺寸（JB/ZQ 4255—2006）　（mm）



$\frac{a+b}{2}$	内圆角 α											
	≤50°		51°～75°		76°～105°		106°～135°		136°～165°		>165°	
	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁
≤8	4	4	4	4	6	4	8	6	16	10	20	16
9～12	4	4	4	4	6	6	10	8	16	12	25	20
13～16	4	4	6	4	8	6	12	10	20	16	30	25
17～20	6	4	8	6	10	8	16	12	25	20	40	30
21～27	6	6	10	8	12	10	20	16	30	25	50	40

（续）

$\frac{a+b}{2}$	内圆角 α											
	≤50°		51°～75°		76°～105°		106°～135°		136°～165°		>165°	
	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁
28～35	8	6	12	10	16	12	25	20	40	30	60	50
36～45	10	8	16	12	20	16	30	25	50	40	80	60
46～60	12	10	20	16	25	20	35	30	60	50	100	80
61～80	16	12	25	20	30	25	40	35	80	60	120	100
81～110	20	16	25	20	35	30	50	40	100	80	160	120
111～150	20	16	30	25	40	35	60	50	100	80	160	120
151～200	25	20	40	30	50	40	80	60	120	100	200	160
201～250	30	25	50	40	60	50	100	80	160	120	250	200
251～300	40	30	60	50	80	60	120	100	200	160	300	250
>300	50	40	80	60	100	80	160	120	250	200	400	300

c 和 h 值						
	b/a		<0.4	0.5～0.65	0.66～0.8	>0.8
	c^{zz}		$0.7(a-b)$	$0.8(a-b)$	$a-b$	—
	$h\approx$	钢	$8c$			
		铁	$9c$			

注：对于锰钢件应比表中数值增大 1.5 倍。

表 3-24　外壁、内壁与筋的厚度　　（mm）

零件质量/kg	零件最大外形尺寸	外壁厚度	内壁厚度	筋的厚度	零件举例
<5	300	7	6	5	盖、拨叉、杠杆、端盖、轴套
6～10	500	8	7	5	盖、门、轴套、挡板、支架、箱体
11～60	750	10	8	6	盖、箱体、罩、电动机支架、溜板箱体、支架、托架、门
61～100	1250	12	10	8	盖、箱体、镗模架、液压缸体，支架、溜板箱体
101～500	1700	14	12	8	油盘、盖、壁、床鞍箱体、带轮、镗模架
501～800	2500	16	14	10	镗模架、箱体、床身、轮缘、盖、滑座
801～1200	3000	18	16	12	小立柱、箱体、滑座、床身、床鞍、油盘

表 3-25　加强筋

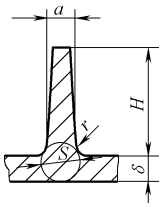
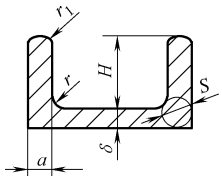
中部的筋	两边的筋
 $H\leqslant 5\delta$ $a=0.8\delta$　$S=1.25\delta$ $r=0.5\delta$	 $H\leqslant 5\delta$ $a=\delta$　$S=1.25\delta$ $r=0.3\delta$　$r_1=0.25\delta$

表 3-26　孔边凸台

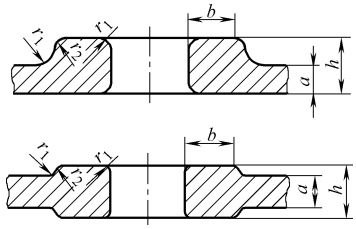
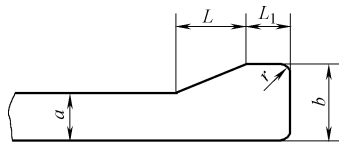
铸孔边缘凸台		壁中窗口凸边	
	$r_1=0.25a$　$r_2=0.75a$ $h=2a$　$b=1.5a$		$r=0.25a$　$L=1.5a$ $L_1=0.75a$　$b=1.3a$

表 3-27　内腔尺寸

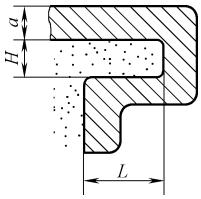
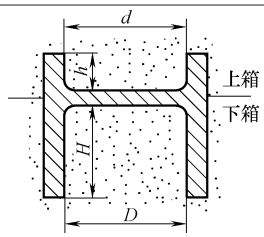
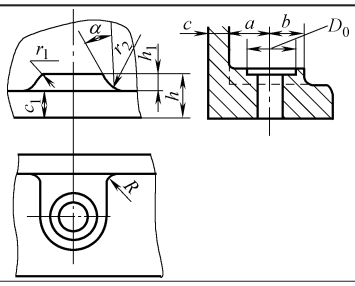
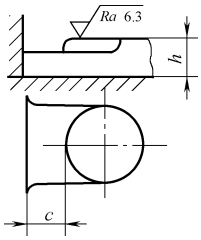
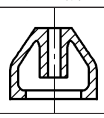
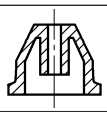
内腔最小尺寸与零件的尺寸及造型方法等有关,大致比例是:$H>2a$,$L\leqslant 3H$	不用型芯所能铸出的凹腔尺寸			
		造型方法	H/d	h/d
		机器造型	1	0.25 ~ 0.3
		手工造型	0.5	0.2

表 3-28　凸座尺寸

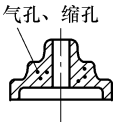
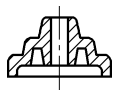
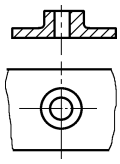
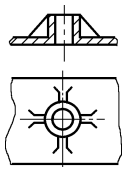
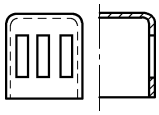
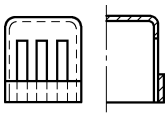
凸座尺寸		$c_1=1.5c$ $h_1=(0.75\sim1)c$ $r_1=0.25c$ $r_2=c_1$ $a=30°\sim45°$ a、b 随螺栓大小而定					
		凸座与壁距离很近时最好使其连接起来,c 的最小尺寸如表:	h /mm	<10	10 ~ 18	18 ~ 30	30 ~ 50	>50
			c_{min} /mm	20	25	30	40	50

3.2.3　铸件结构设计注意事项（表 3-29、表 3-30）

表 3-29　压铸件结构设计注意事项

序号	注意事项	图　例		说　明
		改进前	改进后	
1	消除内凹			内凹铸件型芯不易取出

（续）

序号	注意事项	图例		说明
		改进前	改进后	
2	壁厚均匀			壁厚不均，易产生气孔、缩孔
3	采用加强肋减小壁厚			厚壁处易产生疏松和气孔
4	消除尖角过渡圆滑			充填良好，不产生裂纹
5	简化铸型结构			尽量避免横向抽芯，否则使铸型结构复杂；改进后抽芯方向与开型取件方向一致，简化铸型结构

注：压铸件结构的设计还应注意使压铸型加工方便。

表 3-30　金属型铸件设计的基本参数　（mm）

合金种类	铸造斜度		孔的尺寸			铸件最小壁厚
	外面	里面	最小直径 d	最大深度		
				不通孔	通孔	
锌合金			6～8	9～12	12～20	2.5～3
镁合金	≥1°	≥2°	6～8	9～12	12～20	2.5～4
铝合金	0°30′	0°30′～2°	8～10	12～15	15～25	2.5～5
铜合金			10～12	10～15	15～20	3.0～8
铸铁	1°	>2°				4～6
铸钢	1°～1°30′	>2°				5～10

3.2.4　铸件尺寸公差（表 3-31）

表 3-31　铸件尺寸公差（摘自 GB/T 6414—1999）　（mm）

铸件毛坯基本尺寸		铸件尺寸公差等级 CT①															
大于	至	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13②	14②	15②	16②③
—	10	0.09	0.13	0.18	0.26	0.36	0.52	0.74	1	1.5	2	2.8	4.2	—	—	—	—
10	16	0.1	0.14	0.2	0.28	0.38	0.54	0.78	1.1	1.6	2.2	3.0	4.4	—	—	—	—
16	25	0.11	0.15	0.22	0.30	0.42	0.58	0.82	1.2	1.7	2.4	3.2	4.6	6	8	10	12
25	40	0.12	0.17	0.24	0.32	0.46	0.64	0.9	1.3	1.8	2.6	3.6	5	7	9	11	14
40	63	0.13	0.18	0.26	0.36	0.50	0.70	1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	0	12	16
63	100	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6	9	11	14	18
100	160	0.15	0.22	0.30	0.44	0.62	0.88	1.2	1.8	2.5	3.6	5	7	10	12	16	20
160	250	—	0.24	0.34	0.50	0.72	1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	14	18	22
250	400	—	—	0.40	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6.2	9	12	16	20	25

（续）

铸件毛坯基本尺寸		铸件尺寸公差等级 CT①															
大于	至	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13②	14②	15②	16②③
400	630	—	—	—	0.64	0.9	1.2	1.8	2.6	3.6	5	7	10	14	18	22	28
630	1000	—	—	—	0.72	1	1.4	2	2.8	4	6	8	11	16	20	25	32
1000	1600	—	—	—	0.80	1.1	1.6	2.2	3.2	4.6	7	9	13	18	23	29	37
1600	2500	—	—	—	—	—	—	2.6	3.8	5.4	8	10	15	21	26	33	42
2500	4000	—	—	—	—	—	—	—	4.4	6.2	9	12	17	24	30	38	49
4000	6300	—	—	—	—	—	—	—	—	7	10	14	20	28	35	44	56
6300	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	16	23	32	40	50	64

① 在等级 CT1 ~ CT15 中对壁厚采用粗一级公差。

② 对于不超过 16mm 的尺寸，不采用 CT13 ~ CT16 的一般公差，对于这些尺寸应标注个别公差。

③ 等级 CT16 仅适用于一般公差规定为 CT15 的壁厚。

3.3　锻件结构设计常用资料

3.3.1　各种锻造方法比较

根据成形机理，锻造可分为自由锻、模锻、辗环、特殊锻造等，常见的锻造方法及工艺特点见表 3-32。

表 3-32　各种锻造方法及工艺特点

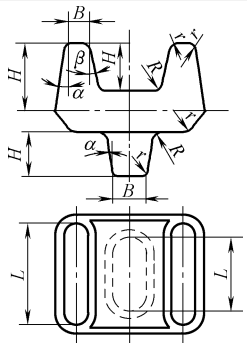
锻造方法	设备类型		工　艺　特　点	生产规模
	名称	构造特点		
自由锻造	空气锤 蒸汽空气锤 水压机	行程不固定，上下锤头为平的，空气锤振动大，水压机无振动	原材料为锭料或轧材，人工掌握完成各道工序，形状复杂的零件要多次加热，宜用于锻造形状简单的零件以及大的环形、盘形零件，适用于锭料开坯、模锻前制坯、新产品试制	单件 小批
胎模锻	空气锤 蒸汽空气锤 水压机	行程不固定，上下锤头为平的，空气锤振动大，水压机无振动	在自由锻设备上采用活动胎模。与自由锻相比，锻件形状较复杂，尺寸较精确，节省金属，生产率高，设备能力较大。与模锻相比，适用性广，胎模制造简便，但生产率较低，锻件表面质量、模具寿命较低	成批
锤上模锻	有砧座锤	行程不固定，工作速度 6 ~ 8m/s，振动大，有砧座，无顶杆，行程次数 60 ~ 100 次/min	可以多次打击成形，打击轻重可以控制，适用多腔模锻，便于进行拔长、滚压，适用于各类锻件，多采用带飞边开式锻模	大批
	无砧座锤	下锤头活动，无砧座，模锻时无振动	上下模上下对击，操作不方便，不宜拔长、滚压，适用于形状较简单的大型锻件单腔模锻	
热模锻压机上模锻	热模压力机	行程固定，工作速度为 0.5 ~ 0.8m/s，行程次数 35 ~ 90 次/min，设备刚度好，导向准确，有顶杆	金属在每一模腔中一次成形，不宜拔长、滚压，但可用于挤压，锻件精度较高，模锻斜度小，一般要求联合模锻及无氧化加热或严格清理氧化皮。适用于短轴类锻件，配备制坯设备时也能模锻长轴类锻件	成批大量
平锻	平锻机	行程固定，工作速度≈0.3m/s，具有互相垂直的两组分模面，无顶出装置，设备刚性好，导向准确	金属在每一模腔中一次成形，除积聚镦粗外，还可切边、穿孔，余量及模锻斜度较小，易于机械化，自动化。需采用较高精度的棒料，加热要求严格。适合锻造各种合金锻件，带大头的长杆形锻件，环形、筒形锻件，多采用闭式锻模	成批大量

（续）

锻造方法	设备类型		工　艺　特　点	生产规模
	名称	构造特点		
螺旋压力机上模锻	摩擦螺旋压力机	行程不固定，工作速度为 1.5 ~ 2m/s，有顶杆，一般设备刚性差，打击能量可调	每分钟行程次数低，金属冷却快，不宜拔长、滚压，对偏载敏感。一般用于中小件单腔模锻，配备制坯设备时，也能模锻形状较复杂的锻件，还可以用于镦锻、精锻、挤压、冲压、切边、弯曲、校正	成批
水压机上模锻	水压机	行程不固定，工作速度为 0.1 ~ 0.3m/s，无振动，有顶杆	模锻时一次压成，不宜多腔模锻，复杂零件在其他设备上制坯。适合锻造镁铝合金大锻件，深孔锻件，不太适合锻造小尺寸锻件	成批大量
辊锻	辊锻机	模腔置于两轧辊上，辊锻时轧辊相对旋转	金属在模腔中变形均匀，适宜拔长，主要用于模锻前制坯或形状不复杂锻件的直接成形，模锻扁长锻件。冷辊锻用于终成形或精整工序	成批大量
辗扩	扩孔机	轧辊相对旋转，工作轧辊上刻出环的截面	变形连续，压下量小，具有表面变形特征，壁厚均匀，精度较高。热辗扩主要用于生产等截面的大、中型环形毛坯，辗扩直径范围 40 ~ 5000mm，质量 6t 以上	成批大量
热精压	普通模锻设备		与热模锻工艺相比，通常要增加精压工序，要有制造精密锻模和无氧化、少氧化加热和冷却的手段，加热温度低，变形量小。适用于叶片等精密模锻	
冷精压	精压机	滑块与曲轴借助于杠杆机构连接，滑块行程小，压力大	不加热，其余特点同上。适用于压制零件不加工的配合表面，零件强度极限及表面硬度均有提高	成批大量
冷挤压	机械压力机	采用摩擦压力机需设顶出装置，在模具上设导向、限程装置，采用曲柄压力机需增强刚度，加强顶出装置	适用于挤压深孔、薄壁、异形断面小型零件，生产率高，操作简便，材料利用率达 70% 以上，冷挤压用材料应有较好的塑性，较低的冷作硬化敏感性。冷挤压分正挤压、反挤压、复合挤压、镦挤结合几种方式。模具强度、硬度要求较高，锻件精度高	大批大量
热挤压	液压挤压机、机械挤压机	采用摩擦压力机需设顶出装置，在模具上设导向、限程装置，采用曲柄压力机需增强刚度，加强顶出装置	适用于各种等截面型材，不锈钢、轴承钢零件以及非铁合金的坯料，变形力很大，凸凹模强度、硬度要求高，表面应光洁	大批大量

3.3.2　锻件的结构工艺参数（表 3-33 ~ 表 3-35）

表 3-33　模锻锤、热模锻压力机、螺旋压力机锻件外模锻斜度 α（GB/T 12361—2003）



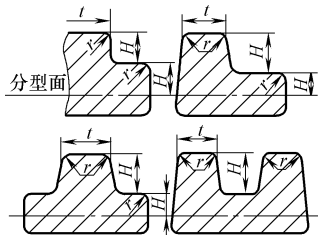
L/B		≤1.5	>1.5
H/B	≤1	5°	5°
	>1 ~ 3	7°	5°
	>3 ~ 4.5	10°	7°
	>4.5 ~ 6.5	12°	10°
	>6.5	15°	12°

注：1. 为了便于模具制造时采用标准刀具，模锻斜度可按下列数值选用：0°15′，0°30′，1°00′，1°30′，3°00′，5°00′，7°00′，10°00′，12°00′，15°00′。

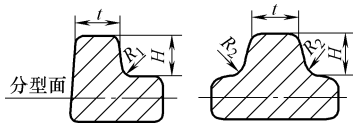
2. 内模锻斜度的确定，可按表中数值加大 3°或 2°（15°除外）。

3. 当模锻设备具有顶料机构时，外模锻斜度可比表中数值减小 3°或 2°，但一般不宜小于 3°；不使用顶料机构时，则按上表确定。

表 3-34　截面形状变化部位外圆角半径 *r* 和内圆角半径 *R*（摘自 GB/T 12361—2003）（mm）



$\frac{t}{H}$	台阶高度 *H*						
	≤10	>10～16	>16～25	>25～40	>40～63	>63～100	>100～160
>0.5～1	2.5	2.5	3	4	5	8	12
>1	2	2	2.5	3	4	6	10



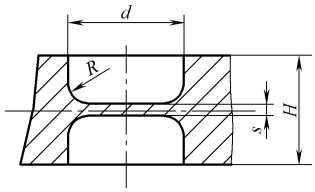
$\frac{t}{H}$	台阶高度 *H*						
	≤10	>10～16	>16～25	>25～40	>40～63	>63～100	>100～160
>0.5～1	4	5	6	8	10	16	25
>1	3	4	5	6	8	12	20

注：1. 锻件外圆角半径 r_1 内圆角半径 *R* 按下列圆角半径数值选用：（1.0）、（1.5）、2.0、2.5、3.0、4、5、6、8、10、12、16、20、25、30、40、50、60、80、100。

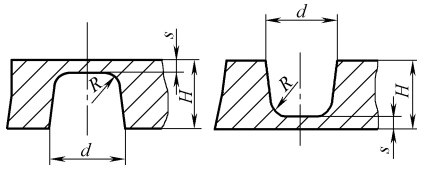
2. 当圆角半径值超过 100mm 时，按 GB/T 321《优先数和优先数系》的 R10 系列选取。注 1 号括号内的数值尽量少用。

表 3-35　胎模锻和自由锻锤上固定模模锻的冲孔连皮尺寸　（mm）

平底连皮



端面连皮



冲孔连皮一般采用平底连皮，后者主要用在高度不大、可用形式简单的套模的模锻件

d	*H*							
	≤25		>25～50		>50～75		>75～100	
	连皮尺寸							
	S	*R*	*S*	*R*	*S*	*R*	*S*	*R*
≤50	3	4	4	6	5	8	6	14
		5		8		12		16
>50～70	4	5	5	8	6	10	7	16
		8		10		14		18
>70～100	5	6	6	10	7	12	8	18
		8		12		16		20

注：在表中的 *R* 值中，上面数值属于平底连皮，下面数值属于端面连皮。

3.4　焊件结构设计常用资料

3.4.1　焊件材料及选择（表 3-36～表 3-40）

表 3-36　常用钢号的焊件材料选用

钢　号	焊条电弧焊		埋弧焊			CO_2 气保焊	氩弧焊
	焊　条		焊丝钢号（标准号）	焊剂		焊丝钢号（标准号）	焊丝钢号（标准号）
	型号（标准号）	牌号示例		型号（标准号）	牌号示例		
Q235-A、F Q235-A 10、20（管）	E4303 （GB/T 5117）	J422	H08A H08MnA （GB/T 14957）	HJ401-H08A （GB/T 5293）	HJ431	H08MnSi （GB/T 14958）	/

（续）

钢　号	焊条电弧焊		埋弧焊			CO_2 气保焊	氩弧焊
	焊　条		焊丝钢号（标准号）	焊剂		焊丝钢号（标准号）	焊丝钢号（标准号）
	型号（标准号）	牌号示例		型号（标准号）	牌号示例		
Q235-B Q235-C 20R、20（锻）	E4316（GB/T 5117）	J426	H08A、H08E H08MnA （GB/T 14957）	HJ401-H08A（GB/T 5293）	HJ431	H08MnSi（GB/T 14958）	/
	E4315（GB/T 5117）	J427					
Q345	E5016（GB/T 5117）	J506	H10MnSi H10Mn2 （GB/T 14957）	HJ401-H08A	HJ431	H08Mn2SiA（GB/T 14958）	H10MnSi（GB/T 14957）
				HJ402-H10Mn2	HJ350		
	E5015（GB/T 5117）	J507		HJ404-H08MnA（GB/T 5293）	SJ101		
06Cr19Ni10	E308-16（GB/T 983）	A102	H0Cr21Ni10（YB/T 5092）	/	HJ260	/	H0Cr21Ni10（YB/T 5091）
	E308-15（GB/T 983）	A107					
06Cr18Ni11Ti	E347-16（GB/T 983）	A132	H0Cr21Ni10（YB/T 5092）	/	HJ260	/	H0Cr21Ni10Ti（YB/T 5091）
	E347-15（GB/T 983）	A137					
022Cr17Ni12Mo2	E316L-16（GB/T 983）	A022	/	/	/	/	/

表 3-37　常用不同钢号的焊件材料选用

被焊钢材类别	接头母材类别号或组别号	焊条电弧焊		埋弧焊			氩弧焊
		焊条		焊丝钢号（标准号）	焊剂		焊丝钢号（标准号）
		型号（标准号）	牌号示例		型号（标准号）	牌号示例	
碳素钢之间焊接	1+1 Q235 类 10、20（管） 20g、20R	E4303（GB/T 5117）	J422	H08A（GB/T 14957）	HJ401-H08A（GB/T 5293）	HJ431	H08A（GB/T 14957）
		E4315（GB/T 5117）	J427				
碳素钢与强度型低合金钢焊接	Ⅱ+（Ⅰ-1）	E4303（GB/T 5117）	J422	H08A H08MnA （GB/T 14957）	HJ401-H08A（GB/T 5293）	HJ431	H10MnSi（GB/T 14957）
		E4315（GB/T 5117）	J427				
球光体钢与奥氏体不锈钢（碳钢与不锈钢）焊接	Ⅰ+（Ⅶ-1）	E309-16（GB/T 983）	A302	H1Cr24Ni13（YB/T 5092）		HJ260	H1Cr24Ni13（YB/T 5091）
		E309-15（GB/T 983）	A307				
		E309Mo-16（GB/T 983）	A312				
	Ⅱ+（Ⅶ-1）	E309-16（GB/T 983）	A302	H1Cr24Ni13（YB/T 5092）		HJ260	H1Cr24Ni13（YB/T 5091）
		E309Mo-16（GB/T 983）	A312				
碳钢与不锈钢	022Cr17Ni12Mo2（316L）与碳钢		A042				

表 3-38　不锈复合钢板的焊条选用表

不锈钢复合钢板种类	焊条		
	基层	过渡层	复层
06Cr13 + Q235	E4303	E309-16(A302)	E308-16(A102)
	E4315	E309-15(A307)	E308-15(A107)
06Cr13 + 16Mn	E5003	E309-16(A302)	E308-16(A102)
	E5015	E309-15(A307)	E308-15(A107)
06Cr13 + 12CrMo	E5515-B1(R207)	E309-16(A302)	E308-16(A102)
		E309-15(A307)	E308-15(A107)
06Cr18Ni11Ti + Q235	E4303	E309-16(A302)	E347-16(A132)
	E4315	E309-15(A307)	E347-15(A137)
06Cr18Ni11Ti + Q345(16Mn)	E5003	E309-16(A302)	E347-16(A132)
	E5015	E309-15(A307)	E347-15(A137)
06Cr17Ni12Mo2Ti + Q235	E4303	E309Mo-16(A312)	E318-16(A212)
	E4315		

表 3-39　异种钢板焊材选用

接头材料的类型	异种钢接头材料	焊条电弧焊焊条	埋弧焊		预热温度
			埋弧焊焊丝	焊剂	
低碳钢 + 普通低合金钢 普通低合金钢 + 普通低合金钢	Q235 + Q345	J422/J427	H08A/H08MnA	HJ431	≥170℃
	Q235 + 18MnMoNbR	J427	H08A/H08MnA	HJ431	≥170℃
	Q345 + 18MnMoNbR	J507	H10Mn2/H10MnSi	HJ431	≥170℃
	20MnMo + 18MnMoNbR	J507	H10Mn2/H10MnSi	HJ431	≥170℃
低碳钢 + 铬钼钢 普通低合金钢 + 铬钼钢	Q235 + 15CrMo	J427	H08A/H08MnA	HJ431	≥150℃
	Q235 + 2.25Cr-1Mo	J427	H08A/H08MnA	HJ431	≥200℃
	Q235 + Cr5Mo	J427	H08A/H08MnA	HJ431	≥300℃
	Q345 + 2.25Cr-1Mo	J507	H10Mn2/H10MnSi	HJ431	≥200℃
铬钼钢 + 铬钼钢	15CrMo + 2.25Cr-1Mo	热 307	H13CrMoA	HJ250	≥200℃
	2.25Cr-1Mo + Cr5Mo	热 407	HCrMo910	HJ250	≥300℃
其他钢 + 不锈钢	Q235 + 1Cr18Ni9Ti	奥 302			
	Q345 + 1Cr18Ni9Ti	奥 302			
	18MnMoNbR + 1Cr18Ni9Ti	奥 302 或奥 309L			≥140℃
	15CrMo + 1Cr18Ni9Ti	奥 302 或奥 309L			≥120℃
其他钢 + 不锈钢	2.25Cr-1Mo + 1Cr18Ni9Ti	奥 302 或奥 309L			≥170℃
	Cr5Mo + 1Cr18Ni9Ti	奥 302 或奥 309L			≥250℃
堆焊不锈钢	各种基体堆焊 18-8 型不锈钢	过渡层:奥 302 或奥 309L 表面层:奥 132 或 347L			过渡层焊接时按异种钢焊接预热温度而定

表 3-40　特殊情况自动焊丝的选取

材质	板厚/mm	埋弧焊焊丝
Q235,20g	<20	H08MnA
	≥20	H10Mn2
Q345	<38	H10MnSi
	≥38	H08MnMoA

注：当封头或筒体需要经过正火处理或相当于正火温度下加热（热冲压成形）时，若封头拼板缝或筒体纵缝是用埋弧自动焊接时为保证焊缝强度不低于母材，其自动焊丝不能按表 3-36 ~ 表 3-39 选取，而应按表 3-40 选取。

3.4.2　焊接的工艺性

1. 常用材料的焊接性

（1）钢的焊接性（表 3-41）

可通过碳当量公式的估算或可焊性试验对钢的可焊性进行评价。

碳当量法是根据化学成分对钢材焊接热影响区淬硬性的影响程度粗略地评价焊接时产生冷裂缝倾向及脆化倾向的一种估算方法。

下面用元素符号来代表元素的质量分数，碳钢及低合金结构钢常用的碳当量公式（国际焊接学会推荐的）如下：

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

对合金成分为 C≤0.5%、Mn≤1.6%、Cr≤1%、Ni≤3.5%、Mo≤0.6%、Cu≤1% 的合金钢，其碳当量公式推荐如下：

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Mo + Si}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}$$

根据经验：

1）当 $C_E < 0.4\%$ 时，钢材的淬硬倾向不明显，可焊性优良，焊接时不必预热。

2）当 $C_E = 0.4\% \sim 0.6\%$ 时，钢材的淬硬倾向逐渐明显，需要采取适当预热，控制线能量等工艺措施。

3）当 $C_E > 0.6\%$ 时，淬硬倾向强，属于较难焊的钢材，需采取较高的预热温度和严格的工艺措施。

表 3-41　常用钢材的焊接性

可焊性	钢种	评定可焊性的概略指标(质量分数,%)		常用钢号	特　　点
		合金元素含量	含碳量		
良好	低碳钢	<1	<0.25	Q195,Q215,Q235,ZG200-400,ZG230-450,08,10,15,20,15Mn,20Mn	在普通条件下可焊接,环境温度低于-5℃时需预热。板厚大于20mm,结构刚度大时,需预热并在焊后进行消除应力热处理 沸腾钢是在不完全脱氧情况下获得的,含氧量较高,硫磷等杂质分布很不均匀,时效敏感性及冷脆倾向大,焊接时热裂倾向大,一般不宜用于承受动载或严寒下(-20℃)工作的重要焊接结构
	低合金钢	1~3	<0.2	Q295,Q345,Q390,Q420,Q460	
	不锈钢	>3	<0.18	06Cr13,06Cr19Ni10,12Cr18Ni9,10Cr18Ni12,06Cr17Ni12Mo2,06Cr18Ni11Ti,0Cr18Ni12Mo2Ti,06Cr18Ni12Mo3Ti,1Cr18Ni12Mo3Ti	
一般	中碳钢	<1	0.25~0.35	Q275,30,30Mn,ZG270-500	形成冷裂倾向小,采用适当的焊接规范,可以得到满意的结果。在结构复杂或零件较厚时,必须预热150℃以上并在焊后进行热处理以消除应力
	合金结构钢	<3	<0.3	12CrMn,15CrMo,20CrMo,30Cr	
	不锈钢	13~25	≤0.18	1Cr13,Cr25Ti	
较差	中碳钢	<1	0.35~0.45	35,40,45,45Mn	一般情况下,有形成裂纹的倾向,焊前应预热。焊后消除应力热处理
	合金结构钢	1~3	0.3~0.4	30CrMo,35CrMo,35CrMnV,25CrMoVA,40CrNiMoA,30CrMnSi,30Mn2,40Mn2,40Cr	
	不锈钢	13	0.2	2Cr13	

（续）

可焊性	钢种	评定可焊性的概略指标(质量分数,%)		常用钢号	特　　点
		合金元素含量	含碳量		
很差	中、高碳钢	<1	>0.45	50,55,60,5,70,75,80,85,50Mn,60Mn	极易形成裂纹,在采用预热条件下能焊接。焊后须消除应力热处理
	合金结构钢	1－3	>0.4	45Mn2,50Mn2,50Cr,38CrSi,38CrMoAlA	
	不锈钢	13	0.3～0.4	3Cr13,4Cr13	

（2）铸铁的焊接性（表 3-42）

铸铁的焊接，主要用于修补铸件缺陷（如气孔、缩孔、砂眼、裂纹等）和损坏的铸铁零件。要求焊后变形小、不脆裂、不产生白口化、易于加工，同时补焊处应无裂纹及气孔，密封性好。

铸铁焊接特点：

1）由于它的脆性大，焊接时不均匀加热和冷却都能促使铸铁白口化和产生裂纹。

2）熔化后的铸铁冷却时，焊缝中容易出现气孔。

3）铸铁仅适合平焊，它比低碳钢焊接要困难得多。

表 3-42　铸铁的可焊性

铸铁类别	可焊性		焊接说明
	与同类材料比较	与低碳钢比较	
灰铸铁	一般	很困难	电弧焊法 1. 低碳钢焊条:焊缝不经热处理不能用一般加工方法加工,只能用砂轮打磨,焊缝极易出现裂缝,只适用于不需机加工的不重要工件缺陷的焊补。焊缝处只能承受较小的静载荷 2. 铸铁焊条:焊接接头加工性能一般,焊缝易出现裂缝,只适用于中、小型零件待加工面和已加工面的较小缺陷的焊补,如小砂眼、小缩孔及小裂缝等 3. 铜焊条:加工性能较差,焊缝抗裂纹性能较好,强度较高,能承受较大静载荷及一定的动载荷、能基本满足紧密性要求。对复杂的、刚度大的工件不宜采用 气焊法 铸铁焊条:加工性能良好,接头具有与母材相近的力学性能与颜色,焊补处刚度大,结构复杂时,易出现裂纹。适用于焊补刚度不大、结构不复杂、待加工尺寸不大的缺陷
可锻铸铁	一般		复杂铸件应整体加热,简单零件用焊具局部加热即可。重熔部分易产生白口
球墨铸铁	较长		焊条电弧焊 1. 低碳钢焊条:焊缝极易出现裂纹,加工性能极坏,只用于焊补很不重要的工件 2. 铁镍焊条:加工性能良好,接头力学性能基本可达到与母材相差不大。气焊焊后不热处理,焊接接头加工性好。适用于接头质量要求较高的中小型缺陷的修补。焊条成分以 C3%～3.5%　Si3%～3.6%,Mn<0.45%,S<0.015%,P<0.07%　Mg 0.07%～0.12%较为合适
白口铸铁	不好		硬度高,脆件大,容易产生裂纹,不宜进行焊接

注：平热焊一般预热 400℃左右，并在焊后保温缓冷。热焊预热 500～600℃，并保持工件温度在焊接过程中不低于 400℃，焊后 600～650℃保温退火消除应力。

（3）有色金属的焊接性（表 3-43、表 3-44）

表 3-43　铝及铝合金的可焊性

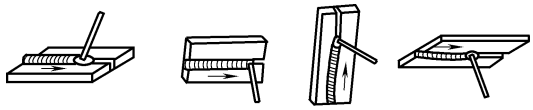
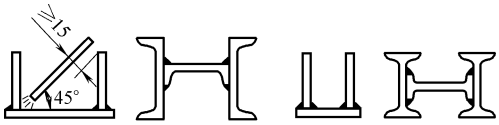
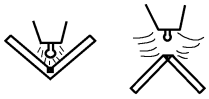
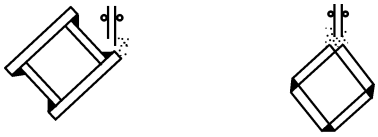
焊接方法	材料牌号				适用的厚度范围
	1060、1035	3A21	5A05、5A06	5A02、5A03	mm
钨极氩弧焊	良好	良好	良好	良好	1～10
熔化极氩弧焊	良好	良好	良好	良好	≥3
熔化极脉冲氩弧焊	良好	良好	良好	良好	≥0.8
电阻焊	一般	一般	良好	良好	≤4
气焊	良好	良好	不好	较差	0.5～10
碳弧焊	一般	一般	不好	不好	1～10

表 3-44　铜及铜合金的可焊性

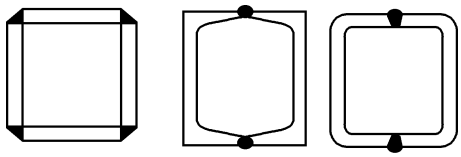
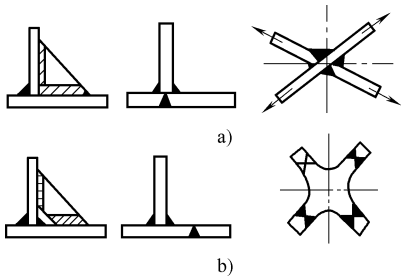
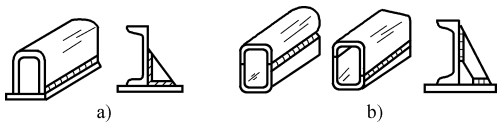
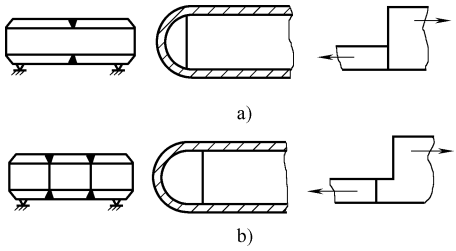
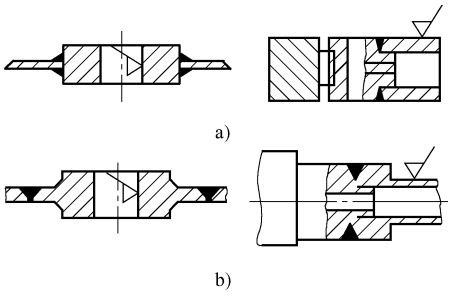
焊接方法	材料牌号				适用的厚度范围
	纯铜	黄铜	青铜	镍白铜	/mm
钨极氩弧焊	良好	一般	一般	良好	1～12
熔化极自动氩弧焊	良好	一般	一般	良好	4～5
气焊	不好	一般	不好		0.5～10
碳弧焊	较差	较差	一般		2～20
手工电弧焊	不好	不好	较差	一般	2～10
埋弧自动焊	一般	较差	一般		6～30
等离子弧焊	一般	一般	一般	良好	1～16

2. 焊接件的结构工艺性（表 3-45、表 3-46）

表 3-45　常用焊接件结构工艺性示例

内容		图　例	注意事项
焊缝布置	焊缝布置应便于施焊	 a) b) c) d)	焊缝布置应有利于施焊时保证焊缝质量：焊接操作最方便、焊接质量最容易保证的是平焊缝，图示为焊缝空间位置是平焊缝（图 a）、横焊缝（图 b）、立焊缝（图 c）和仰焊缝（图 d）的情况
		 a) b)	手工电弧焊对操作空间要求：图 a 合理，图 b 不合理
		a) b)	电阻焊和缝焊对操作空间要求：图 a 合理，图 b 不合理
		 a) b)	气体保护焊时，应考虑气体的保护作用：图 a 合理，图 b 不合理
焊接接头形式的选择	应有利于减少焊接应力和变形	 a) b)	埋弧焊时，应考虑接头处有利于熔渣形成封闭空间：图 a 合理，图 b 不合理

（续）

内容		图　例	注意事项
焊接接头形式的选择	应有利于减少焊接应力和变形		焊缝布置应有利于减少焊接应力和变形，尽量减少焊缝数量，可采用型材、管材、冲压件、锻件和铸钢等作为被焊材料。这样既减少应力和变形，还能减少焊接材料消耗，提高生产率。如图示箱体，如采用型钢或冲压件图 b，可减少两条焊缝
			焊缝布置应有利于减少焊接应力和变形，尽量分散布置焊缝，如图 b 焊缝集中分布容易使接头过热，材料的力学性能降低。两条焊缝的间距一般要求大于 3 ~ 5 倍的板厚
			尽可能对称分布焊缝，如图 b 所示。焊缝的对称布置可以使各条焊缝的焊接变形相抵消，对减小梁柱结构的焊接变形有明显的效果
	避开最大应力和应力集中处		焊缝应尽量避开最大应力和应力集中部位，如图所示，图 a 为不合理结构，图 b 为合理结构，防止焊接应力与外加应力相互叠加，造成过大的应力而开裂。不可避免时，应附加刚性支承，以减小焊缝承受的应力
	焊缝应尽量避开机械加工面		一般焊接工序应在机械加工工序之前完成，以防止焊接损坏机械加工表面。此时焊缝布置应尽量避开需要加工的表面，因为焊缝的机械加工性能不好，且焊接残余应力会影响加工精度。如果焊接结构上某一部位的加工精度要求较高，又必须在机械加工完成之后进行焊接工序时，应将焊缝布置在远离加工面处，以避免焊接应力和变形对已加工表面精度的影响，如图 b 所示

（续）

内容		图　例	注意事项
焊接接头形式的选择	焊接接头形式的选择	不开坡口　Y形坡口　双Y形坡口　U形坡口 双U形坡口　单边V形坡口　Y形坡口　K形坡口 不开坡口　不开坡口　单边Y形坡口　K形坡口 单边双U形坡口　$L \geqslant 4\delta$　塞焊	手工电弧焊焊接碳钢和低合金钢的基本焊接接头形式有对接接头、角接接头、搭接接头和T形接头四种，如图所示 对接接头使用最多，接头应力分布较均匀，焊接质量容易保证，但对焊前准备和装配质量要求相对较高 角接接头便于组装，能获得美观的外形，但承载能力较差，通常只起连接作用，不能用来传递工作载荷 搭接接头便于组装，常用于对焊前准备和装配要求简单的结构，焊缝受剪切力 T形接头应用非常广泛，船体中约有70%的焊缝采用T形接头，机床焊接结构中应用也十分广泛 在结构设计时，设计者应综合考虑结构形状、使用要求、焊件厚度、变形大小、焊接材料的消耗量、坡口加工的难易程度等因素，以确定接头形式和总体结构形式
	焊接坡口形式的选择	a)　b) $L \geqslant 3(\delta - \delta_1)$ 较薄板厚度 δ_1 / 允许厚度差 $(\delta - \delta_1)$ >2～5 / 1 >5～9 / 2 >9～12 / 3 >12 / 4	为保证厚度较大的焊件能够焊透，常将焊件接头边缘加工成一定形状的坡口 坡口形式的选择主要根据板厚和采用的焊接方法确定，同时兼顾焊接工作量大小、焊接材料消耗、坡口加工成本和焊接施工条件等。焊条电弧焊常用的坡口形式有不开坡口（I形坡口）、Y形坡口、双Y形坡口、U形坡口等

表 3-46　气焊、手工电弧焊和气体保护焊焊缝坡口形式和尺寸举例

焊件厚度 δ /mm	名称	焊缝符号	坡口形式与坡口尺寸/mm	焊缝形式	焊缝标注方法
1～3	不开坡口（Ⅰ形坡口）			b=0～1.5	
3～6				b=0～2.5	
3～26	Y形坡口		α=40°～60°；b=0～3；p=1～4		

（续）

焊件厚度 δ /mm	名称	焊缝符号	坡口形式与坡口尺寸/mm	焊缝形式	焊缝标注方法
20～60	U 形坡口		β=1°～8°；b=0～3；p=1～4；R=6～8；		

3.4.3　焊接方法代号及符号（表 3-47～表 3-54）

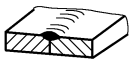
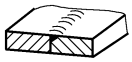
表 3-47　焊接方法的数字代号分类（摘自 GB/T 5185—2005）

焊接方法	数字代号	英文代号参考
电弧焊	1	AW
焊条电弧焊(手弧焊)	111	SMAW
药芯焊丝电弧焊	114	FCAW
融化极电弧电焊	116	
埋弧焊	12	SAW
丝极埋弧焊	121	SAW
带极埋弧焊	122	S-SAW
熔化极惰性气体保护焊	131	MIG
熔化极非惰性气体保护焊	135	MAG
非熔化极气体保护电弧焊	14	
钨极惰性气体保护焊	141	TIG
等离子弧焊	15	PAW
微束等离子弧焊	152	M-PAW
等离子填丝堆焊	154	
电阻焊	2	RW
电阻点焊	21	RSW
缝焊	22	RSEW
搭接缝焊	221	
凸焊	23	PW
闪光对焊	24	FW
电阻对焊	25	UW
其他电阻焊方法	29	
高频电阻焊	291	RW-HF
气焊	3	OFW
氧—乙炔焊	311	OAW
压焊	4	PW
超声波焊	41	USW
摩擦焊	42	FRW
扩散焊	45	DFW
冷压焊	48	CW
其他焊接方法	7	
电渣焊	72	ESW
电子束焊	76	EBW
硬钎焊、软钎焊	9	B,S
硬钎焊	91	B
火焰硬钎焊	912	BT
炉中硬钎焊	913	FB

（续）

焊接方法	数字代号	英文代号参考
盐浴硬钎焊	915	
感应硬钎焊	916	IB
超声波硬钎焊	917	USB
电阻硬钎焊	918	RB
真空硬钎焊	924	VB
软钎焊	94	S
火焰软钎焊	942	TS
炉中软钎焊	943	FS
浸沾软钎焊	944	DS
盐浴软钎焊	945	
感应软钎焊	946	IS
超声波软钎焊	947	
电阻软钎焊	948	
扩散软钎焊	949	
波峰浇注软钎焊	951	
烙铁软钎焊	952	
摩擦软钎焊	953	INS
真空软钎焊	954	
其他软钎焊方法	96	
钎接焊	97	
气体钎接焊	971	
电弧钎接焊	972	—

表 3-48　常用焊缝符号表示法（摘自 GB/T 324—2008）

序号	名　　称	示　意　图	符　　号
1	卷边焊缝(卷边完全熔化)		
2	I 形焊缝		
3	V 形焊缝		
4	单边 V 形焊缝		
5	带钝边 V 形焊缝		
6	带钝边单边 V 形焊缝		
7	带钝边 U 形焊缝		
8	带钝边 J 形焊缝		

（续）

序号	名　　称	示　意　图	符　　号
9	封底焊缝		
10	角焊缝		
11	塞焊缝或槽焊缝		
12	点焊缝		
13	缝焊缝		
14	陡边 V 形焊缝		
15	陡边单 V 形焊缝		
16	端焊缝		
17	堆焊缝		
18	平面连接(钎焊)		
19	斜面连接(钎焊)		
20	折叠连接(钎焊)		

表 3-49　基本符号的组合（摘自 GB/T 324—2008）

序　号	名　　称	示　意　图	符　　号
1	双面 V 形焊缝 （X 焊缝）		
2	双面单 V 形焊缝 （K 焊缝）		
3	带钝边的双面 V 形焊缝		
4	带钝边的双面单 V 形焊缝		
5	双面 U 形焊缝		

表 3-50　补充符号（摘自 GB/T 324—2008）

序号	名　　称	符　　号	说　　明
1	平面		焊缝表面通常经过加工后平缝
2	凹面		焊缝表面凹陷
3	凸面		焊缝表面凸起
4	圆滑过渡		焊趾处过渡圆滑
5	永久衬垫	M	衬垫永久保留
6	临时衬垫	MR	衬垫在焊接完成后拆除
7	三面焊缝		三面带有焊缝
8	周围焊缝		沿着工件周边施焊的焊缝 标注位置为基准线与箭头线的交点处
9	现场焊缝		在现场焊接的焊缝
10	尾部		可以表示所需的信息

表 3-51　基本符号应用示例（摘自 GB/T 324—2008）

序号	符号	示　意　图	标　注　示　例
1			

（续）

序号	符号	示　意　图	标　注　示　例
2			
3			
4			
5			

表 3-52　补充符号应用示例（摘自 GB/T 324—2008）

序号	名　　称	示　意　图	符　　号
1	平齐的 V 形焊缝		
2	凸起的双面 V 形焊缝		
3	凹陷的角焊缝		
4	平齐的 V 形焊缝和封底焊缝		
5	表面过渡平滑的角焊缝		

表 3-53　补充符号标注示例（摘自 GB/T 324—2008）

序号	符号	示　意　图	标　注　示　例
1			

（续）

序号	符号	示　意　图	标　注　示　例
2			
3			

表 3-54　焊缝的图示法和符号示例

名称	图　　例	说　　明
焊缝的图示法表示	a)　b)　c) 5 4×50(30) 5 4×50(30) d)　e)	如图所示：焊缝正面用细短实线表示，如图 a，或用比轮廓粗 2 ~ 3 倍的粗实线表示，如图 b，在同一图样中，上述两种方法只能用一种。焊缝端面用粗实线画出焊缝的轮廓，必要时用细实线画出坡口形状，如图 c。剖面图上焊缝区应涂黑，如图 d。用图示法表示的焊缝还应该有相应的标注，或另有说明，如图 e
焊缝的符号表示	a)　b)　c)	为了使焊接结构图样清晰，并减轻绘图工作量，一般不用图示法画出焊缝，而是采用一些符号对焊缝进行标注，焊缝符号：①基本符号，用以表明焊缝横截面的形状；②辅助符号，用以表明焊缝表面形状特征，如焊缝表面是否齐平等；③补充符号，用以补充说明焊缝的某些特征，如是否带有垫板等。焊缝符号通过指引线标注在图样的焊缝位置，如图所示。指引线一般由箭头线和两条基准线（一条为实线、另一条为虚线）组成，箭头指在焊缝处。标注对称焊缝或双面焊缝时，去掉基准线中的虚线。必要时，焊缝符号可附带有尺寸符号和数据（如焊缝截面、长度、数量、坡口等）。还可以画焊缝的局部放大图，并表明有关尺寸

3.5　切削加工零件结构设计常用资料

3.5.1　切削加工简介（表 3-55 ~ 表 3-61，图 3-2）

表 3-55　常用各类切削机床的比较

属性 名称	定义	加工范围	常见类型	工作运动	主参数
车床	用车刀加工工件上旋转表面的机床	主要加工回转表面	落地及卧式车床、立式车床、仪表车床、单轴自动车床、多轴自动和半自动车床、转塔车床	主运动：工件的旋转 进给运动：刀具的直线往复运动	普通车床：最大工件回转直径；最大工件长度 立式车床：最大车削直径
钻床	用钻头在工件上加工孔的机床	钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹等	台式钻床、立式钻床、摇臂钻床	主运动：刀具的旋转运动 进给运动：刀具的直线运动	最大钻孔直径
镗床	用镗刀在工件上镗孔的机床	镗孔、铣平面、沟槽、钻、扩、铰孔和车端面、外圆、内外环形槽以及镗螺纹等	卧式镗床、坐标镗床、金刚镗床	主运动：刀具的旋转运动 进给运动：刀具或工件的直线运动	卧式镗床：主轴直径 坐标镗床：工作台面宽度 卧式金刚镗床： 工作台面宽度 立式金刚镗床： 最大镗孔直径
刨床	主要加工平面的机床	加工平面、斜面沟槽等	牛头刨床 龙门刨床	主运动： 牛头刨床：刀具直线运动， 龙门刨床：工件直线运动 进给运动：工件和刀具的间歇直线运动	牛头刨：最大刨削长度 龙门刨：最大刨削宽度
插床	实际上是一种立式刨床	加工工件的内部表面，如方孔、长孔、各种多边形孔、内键槽等	插床 插齿机	主运动：刀具的直线运动 进给运动：工件的间歇直线运动	最大插削长度
拉床	是用拉刀加工工件各种内、外形表面的机床	加工各种孔（内拉）、加工平面、半圆弧面以及不规则表面（外拉）	按结构形式不同可分为卧式和立式拉床 按工作性质不同又可分为内拉床、外拉床	主运动：刀具的直线运动 进给运动：刀具结构决定	额定拉力

（续）

属性 名称	定义	加工范围	常见类型	工作运动	主参数
铣床	是利用铣刀在工件上加工各种表面的机床	可加工水平面、垂直面、斜面、各种沟槽或成形面、凸轮、螺旋槽等	卧式铣床、立式铣床、圆工作台及工作台不升降铣床、龙门铣床及双柱铣床、工具铣床等	主运动：刀具的旋转运动 进给运动：工件或（和）刀具的直线运动	工作台面宽度
磨床	用非金属的磨具或磨料加工工件各种表面的机床	可磨削工件的外圆柱面、外圆锥面、内圆柱面、内圆锥面、平面	普通磨床：外圆磨床、内圆磨床、平面磨床 精加工磨床 专门化磨床	主运动：磨具的旋转 进给运动：工件的旋转与移动或磨具的移动	外圆磨：最大磨削直径 内圆磨：最大磨削孔径 平面磨床：工作台面宽度，工作台面直径
特种加工机床	利用电能、电化学能、光能、声能等进行加工的方法	加工难切削的材料、精密细小复杂的零件	电火花机床超声波加工机床 激光加工		

表 3-56　各类切削加工所能达到的精度和表面粗糙度参考值

加工方法		精度等级 IT	粗糙度 Ra/μm
车削	粗车	12～13	12.5～50
	细车	10～11	1.6～6.3
	精车	6～9	0.2～1.6
镗	粗镗	12～13	6.3～12.5
	细镗	9～11	1.6～3.2
	精镗	6～8	0.2～0.8
钻孔		11～13	3.2～50
扩孔		10～11	1.6～12.5
铰孔	粗铰	8～9	1.6～3.2
	细铰	7～8	0.8～1.6
	精铰	6～7	0.2～0.8
铣削	粗铣	11～13	3.2～12.5
	细铣	10～11	0.8～3.2
	精铣	6～9	0.2～0.8
拉削	细拉	10～11	0.4～1.6
	精拉	6～9	0.1～0.2
磨削	粗磨	7～9	0.8～1.6
	细磨	6～8	0.2～0.4
	精磨	5～7	0.05～0.1
珩磨	细珩	6～7	0.2～0.8
	精珩	4～6	0.025～0.2
研磨	细研	5～6	0.05～0.4
	精研	3～5	0.012～0.05
超精加工		01～5	0.012～0.1

表 3-57　在各种机床上加工时形状、位置的平均经济精度

机床类型			圆度/mm	圆柱度	平面度(凹入)(按直径)
卧式车床	最大加工直径/mm	≤400	0.01	0.0075/100	0.015/200 0.02/300 0.025/400 0.03/500 0.04/600 0.05/700 0.06/800 0.07/900 0.08/1000
		>400～800	0.015	0.025/300	
		>800～1600	0.02	0.03/300	
		>1600～3200	0.025	0.04/300	
高精度普通车床		≤500	0.005	0.01/150	0.01/200
外圆磨床	最大磨削直径/mm	≤200	0.003	0.0055/500	—
		>200～400	0.004	0.01/1000	
		>400～800	0.006	全长:0.015	
无心磨床			0.005	0.004/100	等径多边形偏差 0.003
珩磨机			0.005	0.01/300	—

机床类型			圆度/mm	圆柱度	平面度(凹入)(按直径)	成批工件尺寸的分散度/mm	
						径度	长直
转塔车床	最大棒料直径/mm	≤12	0.007	0.007/300	0.02/300	0.04	0.12
		>12～32	0.01	0.01/300	0.03/300	0.05	0.15
		>32～80	0.01	0.02/300	0.04/300	0.06	0.18
		>80	0.02	0.025/300	0.05/300	0.09	0.22

机床类型			圆度/mm	圆柱度	平面度(凹入)(按直径)	孔加工的平度	孔和端面加工的垂直度
卧式床	杆直径/mm	≤100	外圆 0.025 内孔 0.02	0.02/200	0.04/300	0.05/300	0.05/300
		>100～160	外圆 0.025 内孔 0.025	0.025/300	0.05/500		
		>160	外圆 0.03 内孔 0.025	0.03/400	—		

机床类型			圆度/mm	圆柱度	平面度(凹入)(按直径)	孔加工的平行度	孔和端面加工的垂直度
内圆磨床	最大磨孔直径/mm	≤50	0.004	0.004/200	0.009	—	0.015
		>50～200	0.0075	0.0075/200	0.013	—	0.018
		>200	0.01	0.01/200	0.02	—	0.022
立式金刚镗床			0.004	0.01/300	—	—	0.3/300

机床类型			平面度	平行度(加工面对基面)	垂直度	
					加工面对基面	加工面相互间
卧式铣床			0.06/300	0.06/300	0.04/300	0.05/300
立式铣床			0.06/300	0.06/300	0.04/150	0.05/300
龙门铣床	最大加工宽度/mm	≤2000	0.05/1000	0.03/1000 0.05/2000 0.06/3000 0.07/4000 0.10/6000 0.13/8000	侧加工面间的平行度 0.03/1000	0.06/300
		>2000				0.10/500
龙门刨床		≤2000	0.03/1000	0.03/1000 0.05/2000 0.06/3000 0.07/4000 0.10/6000 0.12/8000	—	0.03/300
		>2000				0.05/500

（续）

机床类型			平面度	平行度(加工面对基面)	垂直度	
					加工面对基面	加工面相互间
插床	最大插削长度/mm	≤200	0.05/300	—	0.05/300	0.05/300
		>200～500	0.05/300	—	0.05/300	0.05/300
		>500～800	0.06/500	—	0.06/500	0.06/500
		>800～1250	0.07/500	—	0.07/500	0.07/500
平面磨床	立轴矩台		—	0.02/1000	—	—
	卧轴矩台(提高精度)		—	0.009/500	—	0.01/100
	卧轴圆台		—	0.02/工作台直径	—	—
	立轴圆台		—	0.03/1000	—	—
牛头刨床			0.04/300	±0.07/3000	±0.07/3000	±0.07/3000

表 3-58　工件材料相对切削加工性等级

加工性等级	名称及种类		相对加工性 K_v	代表性工件材料
1	很容易切削材料	一般有色金属	>3.0	5-5-5 铜铅合金、9-4 铝铜合金、铝镁合金
2	容易切削材料	易削钢	2.5～3.0	退火 15Cr R_m =0.373～0.441GPa 自动机钢 R_m =0.392～0.490GPa
3		较易削钢	1.6～2.5	正火 30 钢 R_m =0.441～0.549GPa
4	普通材料	一般钢及铸铁	1.0～1.6	45 钢、灰铸铁、结构钢
5		稍难切削材料	0.65～1.0	2Cr13 调质 R_m =0.834GPa 85 钢轧制 R_m =0.883GPa
6	难切削材料	较难切削材料	0.5～0.65	45Cr 调质 R_m =1.03GPa 65Mn 调质 R_m =0.932～0.981GPa
7		难切削材料	0.15～0.5	50CrV 调质,1Cr18Ni9Ti 未淬火,α 相钛合金
8		很难切削材料	<0.15	β 相钛合金,镍基高温合金

表 3-59　工件材料物理力学性能与加工性分级

切削加工		易切削			较易切削		较难切削		难切削				
等级代号		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9a	9b
硬度	HBW	≤50	>50～100	>100～150	>150～200	>200～250	>250～300	>300～350	>350～400	>400～480	>480～635	>635	
	HRC					>14～24.8	>24.8～32.3	>32.3～38.1	>38.1～43	>43～50	>50～60	>60	
抗拉强度 R_m/GPa		≤0.196	>0.196～0.441	>0.441～0.588	>0.588～0.784	>0.784～0.98	>0.98～1.176	>1.176～1.372	>1.372～1.568	>1.658～1.764	>1.764～1.96	>1.96～2.45	>2.45
断后伸长率 A(%)		≤10	>10～15	>15～20	>20～25	>25～30	>30～35	>35～40	>40～50	>50～60	>60～100	>100	
冲击韧度 a_K/(kJ·m^{-2})		≤196	>196～392	>392～588	>588～784	>784～980	>980～1372	>1372～1764	>1764～1962	>1962～2450	>2450～2940	>2940～3920	
热导率/(W·m^{-1}·K^{-1})		418.68～293.08	<293.08～167.47	<167.47～83.74	<83.47～62.80	<62.80～41.87	<41.87～33.5	<33.5～25.12	<25.12～16.75	<16.75～8.37	<8.37		

表 3-60　难切削金属材料的切削加工性比较（恶化顺序 1→2→3→4）

影响切削加工性的因素	难切削金属材料(淬火或析出硬化状态)											
		高强度钢			不锈钢							高温合金
	高锰钢	低合金	高合金	马氏体时效钢	沉淀硬化型	奥氏体型	马氏体型	索氏体型	铁基	镍基	钴基	钛合金
硬度	1～2	3～4	2～3	4	1～3	1～2	2～3	1	2	2～3	2	2
高温强度	1	1	2	2	1	1～2	1	1	2～3	3	3	2
微观硬质点	1～2	1	2～3	1	1	1	1	1	2～3	3	2	1
与刀具亲和性	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	4
导热性	4	2	2	2	3	3	2	2	3～4	3～4	4	4
加工硬化性	4	2	2	1	2	3	2	1	3	3～4	3	2
粘附件	2	1	1	1	1～2	3	1	1	3	3～4	2	1
相对切削加工性	0.2～0.4	0.2～0.5	0.2～0.45	0.1～0.25	0.3～0.4	0.5～0.6	0.5～0.7	0.6～0.8	0.15～0.3	0.8～0.2	0.05～0.15	0.25～0.38

表 3-61　铸铁的相对加工性

铸铁种类	铸铁组织	硬度 HBW	延伸率 A(%)	相对加工性 K_v
白口铁	细粒珠光体＋碳化铁等碳化物	600	—	难切削
麻口铁	粗粒珠光体＋少量碳化铁	263	—	0.4
珠光体灰铸铁	珠光体＋石墨	225	—	0.85
灰铸铁	粗粒珠光体＋石墨＋铁素体	190	—	1.0
铁素体灰铸铁	铁素体＋石墨	100	—	3.0
球墨铸铁（或可锻铸铁）	石墨为球状（白口铁经长时间退火后变为可锻铸铁，碳化物析出球状石墨）	265	2	0.6
		215	4	0.9
		207	17.5	1.3
		180	20	1.8
		170	22	3.0

3.5.2　切削加工零件的结构工艺性

1. 切削加工对零件结构工艺性的要求

零件的结构工艺性是指零件所具有的结构是否便于制造、装配和拆卸。它是评价零件结构设计好坏的一个重要指标。结构工艺性良好的零件，能够在一定的生产条件下，高效低耗地制造生产。因此机械零件的结构的工艺性包括零件本身结构的合理性与制造工艺的可能性两个方面的内容。

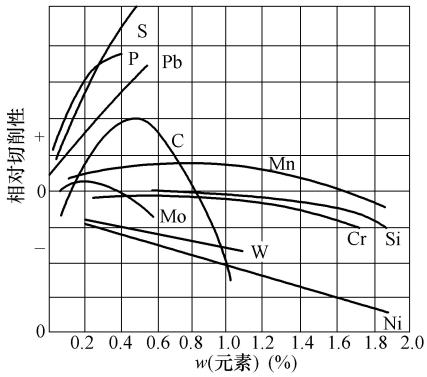


图 3-2　各元素对结构钢切削加工性的影响

＋表示切削加工性改善；－表示切削加工性变差

机械产品设计在满足产品使用要求外，还必须满足制造工艺的要求，否则就有可能影响产品的生产效率和产品成本，严重时甚至无法生产。

由于加工、装配自动化程度的不断提高，机械人、机械手的推广应用，以及新材料、新工艺的出现，出现了不少适合于新条件的新结构，与传统的机械加工有较大的差别，这些在设计中应该充分地予以注意与研究。因此，评价机械产品（零件）工艺性的优劣是相对的，

它随着科学技术的发展和具体生产条件（如生产类型、设计条件、经济性等）的不同而变化。

切削加工对零件结构的一般要求如下。

1）加工表面的几何形状应尽量简单，尽量布置在同一平面上、同一母线上或同一轴线上，减少机床的调整次数。

2）零件的加工精度、表面粗糙度值选择应合理。

3）便于安装、定位准确、夹紧可靠。

4）便于加工、易于测量。

5）提高标准化程度。

6）尽量减少加工表面面积，不需要加工的表面，不要设计成加工面，要求不高的面不要设计成高精度、低粗糙度的表面，以便降低加工成本。

7）零件上必要的位置应设有退刀槽、越程槽、便于进刀和退刀，保证加工和装配质量。

8）避免在曲面和斜面上钻孔，避免钻斜孔，避免在箱体内设计加工表面，以免造成加工困难。

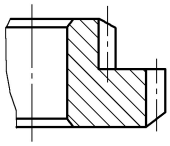
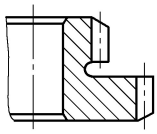
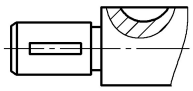
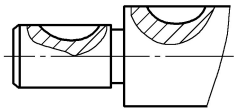
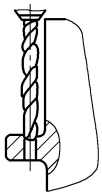
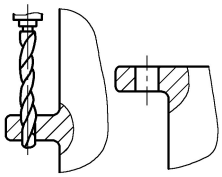
9）零件上的配合表面不宜过长，轴头要有导向用倒角，便于装配。

10）零件上需用成形和标准刀具加工的表面，应尽可能设计成同一尺寸，减少刀具的种类。

2. 机械零件结构加工工艺性典型实例

零件的结构工艺性直接影响着机械加工工艺过程，使用性能相同而结构不同的两个零件，它们的加工方法和制造成本有较大的差别。在拟定机械零件的工艺规程时，应该充分地研究零件工作图，对其进行认真分析，审查零件的结构工艺是否良好、合理，并提出相应的修改意见。表 3-62 中列举了机械零件切削结构加工工艺性的典型实例，供设计时参考。

表 3-62　零件切削结构工艺性实例

序号	结构工艺性差(A)	结构工艺性好(B)	说　　明
1			双联齿轮中间必须设计有越程槽,保证小齿轮可以插削
2			原设计的两个键槽,需要在轴用虎钳上装夹两次,改进后只需要装夹一次
3			结构 A 底座上的小孔离箱壁太近,钻头向下时,钻床主轴会碰到箱壁。改进后底板上的小孔与箱壁留有适当的距离

（续）

序号	结构工艺性差(A)	结构工艺性好(B)	说　　明
4		工艺孔	当从功能需要出发设计如图示的水平孔时,必须增加工艺孔才能加工,打通后再堵上
5			结构凸台表面尽可能在一次走刀中加工完毕。以减少机床的调整次数
6			加工面减少,减少材料和切削刀具的消耗,节省工时,且易保证平面度要求
7			加工结构 A 上的孔时,钻头容易引偏
8			减少孔的加工深度,避免深孔加工,同时也节约了材料
9			为方便加工,螺纹应有退刀槽
10	5 4 3	4 4 4	为了减少刀具种类,轴上的退刀槽宽度尽可能分别一致
11			内螺纹的孔口应有倒角,以便顺利引入攻螺纹刀具
12			B 结构可以减少加工面积,同时也容易保证加工精度,而 A 结构则不行
13	Ra 0.4	Ra 0.4	在磨削圆锥面时,A 结构容易有碰伤圆柱面,同时也不能对圆锥全长上进行磨削,B 结构则可方便磨削

（续）

序号	结构工艺性差(A)	结构工艺性好(B)	说　　明
14			A 结构的加工表面设计在箱体里面，不易加工
15			在同一轴线上的孔，孔径要两边大、中间小或依次递减，不能出现两边小、中间大的情况
16			工件在自定心卡盘上安装时，工件与卡盘是点接触，不能将工件夹牢。通过增加一段圆柱面，使工件与卡爪的接触面积增大，安装较容易
17			刨削较大工件时，往往把工件直接安装在平台上，为了保证加工时加工面水平、便于安装找正，可以在零件上增加工艺凸台，必要时可在精加工后切除
18	Ra 0.4　1:7000	Ra 6.3　Ra 0.4　1:7000	A 所示零件拟用顶尖和鸡心夹头装夹，但该结构不便于装夹，如改为 B 的结构，则可方便地装置夹头
19	2l　1.5l　0.5l	l　l　l　l	为适应多刀加工，阶梯轴各段长度应相似或成整数倍，直径尺寸应沿同一方向递增或递减，以便调整刀具。如 B 的结构
20			零件设计的结构要便于多件加工，B 的结构可将毛坯排列成行便于多件连续加工

3.6　钢的热处理

3.6.1　常用钢热处理方法、特点和应用（表 3-63 ~ 表 3-66）

表 3-63　常用热处理的方法、特点和应用

名称		加热温度	冷却方式	目的	应用范围	说明
退火	完全退火	Ac_3 以上 20 ~ 40℃	随炉冷却	降低硬度，细化晶粒，消除应力，为最终热处理作组织准备	亚共析碳钢和合金钢的铸件、锻件、热轧型材、焊件等	不能用于过共析钢
	等温退火	Ac_3（或 Ac_1）以上 20 ~ 40℃	在珠光体转变区等温冷却	同完全退火，但可提高生产效率，得到均匀的组织和性能	同完全退火和球化退火	

（续）

名称		加热温度	冷却方式	目的	应用范围	说明
退火	球化退火	Ac_3 以上 20～40℃	随炉冷却	使网状和片状渗碳体球化，降低硬度，便于切削加工，为淬火作组织准备	过共析碳钢和合金工具钢、轴承钢等	网状渗碳体严重的钢，在球化退火前应先进行正火
	去应力退火	Ac_1 以下温度，一般 500～600℃	随炉冷却	消除应力，稳定尺寸，减少变形	铸件、锻压件、焊件、切削加工件等	加热温度低于 Ac_1，不发生相变
	均匀化退火	1050～1150℃	随炉冷却	减少化学成分偏析和组织不均匀性	质量要求高的合金钢铸锭、铸件和锻坯等	加热温度高，晶粒粗大
正火		Ac_3 或 Ac_{cm} 以上 20～40℃	空气中冷却	与退火基本相同	低碳钢和中碳钢的预先热处理；对合金调质钢，为调质处理作组织准备；对过共析钢，为球化退火作组织准备	对性能要求不高的零件、大型或形状复杂的零件，可用作最终热处理
淬火	单介质淬火	Ac_3 或 Ac_1 以上 20～40℃	水或油中冷却	获得马氏体组织，提高钢的强度、硬度和耐磨性	一般碳钢水淬，合金钢及尺寸较小的碳钢件油淬	操作简便，易机械化和自动化；淬油后需清洗
	双介质淬火	Ac_3 或 Ac_1 以上 20～40℃	先水后油或先油后空气中冷却	获得马氏体组织，提高钢的强度、硬度和耐磨性	形状复杂的高碳钢工件，尺寸较大的合金钢工件	可有效减少淬火应力，但对操作技术要求高；淬油后需清洗
	马氏体分级淬火	Ac_3 或 Ac_1 以上 20～40℃	在稍高或稍低于 *Ms* 点的盐浴或碱浴中分级冷却	获得马氏体组织，提高钢的强度、硬度和耐磨性	形状复杂的碳钢和合金钢小型工件	可显著减少零件的变形和开裂；分级淬火后零件要清洗
	马氏体等温淬火	Ac_3 或 Ac_1 以上 20～40℃	在贝氏体温区等温冷却	获得贝氏体组织，强度、韧性和耐磨性较好	形状复杂，要求尺寸精确、较高韧性的小型工模具和弹簧等	生产效率低；等温淬火后零件要清洗
回火	低温回火	250℃以下	—	保持淬火工件高的硬度和耐磨性，降低淬火残留应力和脆性	刃具、量具、模具、滚动轴承、渗碳及表面淬火的零件等	回火后的组织是回火马氏体，58～64HRC，高的硬度和耐磨性
	中温回火	350～500℃	—	得到较高的弹性和屈服强度，适当的韧性	弹簧、锻模、冲击工具等	回火后的组织是回火托氏体，35～50HRC，较高的弹性极屈服点和一定的韧性
	高温回火	500℃以上	—	得到强度、塑性和韧性都较好的综合力学性能	广泛用于各种较重要的受力构件，如齿轮、轴连杆、螺栓等	回火后的组织是回火索氏体，具有较好的综合力学性能，硬度200～350HBW

（续）

名称		加热温度	冷却方式	目的	应用范围	说明
表面热处理	感应淬火	Ac_3 以上 100℃	喷水或乳化液	使工件表层具有高硬度(52～58HRC)、耐磨性,心部具有足够的强度和韧性	主要适用于中碳结构钢和中碳低合金钢,也可用于工具钢制作承受小载荷冲击和交变载荷的工具、量具等	表层获得极细马氏体,比普通淬火高出 2～3HRC,心部为原始组织。生产率高,适于大批生产
	火焰淬火	Ac_3 以上 100℃	喷水		用于单件小批生产、局部淬硬的工具、大型轴、齿轮类零件	设备简单、成本低,生产效率低,质量控制比较困难
化学热处理	渗碳	900～950℃	渗碳后必须淬火、低温回火处理	提高工件表面的硬度(58～64HRC)、耐磨性和疲劳强度,心部良好的塑性、韧性和足够的强度	主要适用于低碳钢及低碳合金钢,制作承受较大冲击载荷和严重磨损条件下工作的零件	渗碳后表层的 w(C)可达 0.85%～1.05%
	渗氮	500～600℃	—	提高工件表面的硬度(1000～1200HV)、耐磨性、热硬性、疲劳强度和耐蚀性	主要用于耐磨性和精度要求高的精密零件、承受交变载荷的重要零件和较高温度下工作的耐磨零件	渗氮层很薄,脆性大,不宜承受集中重载荷。氮化时间长,成本高

表 3-64　机械零件常用钢材及热处理方法

钢号	热处理	力学性能					用途举例
		R_{eL}/MPa	A(%)	a_K/(J·cm^{-2})	HBW	HRC	
10	S-C59					56～62	冷压加工的并需渗碳淬火的零件,如自攻螺钉、摩擦片等
15	S-C59				心部 146～136	56～62	载荷小、形状简单、受摩擦及冲击大零件,如小轴、套、挡铁、销钉等
	S-G59	250～300	≥20		心部≤143	56～62	
35	C35	≥650	≥8	30		30～40	强度要求较高的小型零件,如小轴、螺钉、垫圈、环、螺母等
45	Z				≤229		载荷不大的轴、垫圈、丝杠、套筒、齿轮等
	T215				200～300		截面在 100mm^2 以下,工作速度不高并受中等单位压力的零件,如齿轮、装滚动轴承的轴、花键轴、套、蜗杆、大型定位螺钉、大型定位销等
	T235	≥450	≥10	>40	220～250		
	Y35	≥650	≥15			30～40	外形复杂的薄体小零件,其截面在 6～8mm^2 以下,如套环紧固螺母等
	C42					40～45	截面在 80mm^2 以下,形状不复杂的,具有较高强度与硬度的零件,如齿轮,轴、离合器、挡铁、定位销、键等
	C48	≥950	≥6			45～50	截面在 50mm^2 以下,不受冲击的高强度耐磨零件,如齿轮、轴、棘轮等
	G42					40～45	载荷不大,中等速度,承受一定的冲击力的齿轮、离合器、大轴等
	G48					45～50	中等速度与低载荷的齿轮、冲击力不大的离合器,直径较大的轴等
	G54				心部 220～250	52～58	速度不大,受连续重载荷的作用,模数小于 4 的齿轮与直径 <80mm 的轴等
	T-G54	≥450	≥17			52～58	

（续）

钢号	热处理	力学性能					用途举例
		R_{eL} /MPa	A(%)	a_K/(J·cm^{-2})	HBW	HRC	
20Cr	S-C59	心部≥600	心部≥10	心部≥60	心部≥212	56～62	中等尺寸、高速、中等单位压力与冲击力的零件，如齿轮、离合器、主轴
	S-G59					56～62	要求高耐磨性，热处理变形小的零件，如模数 3 以下的齿轮、主轴、花键轴等
20CrMnTi	S-C59	心部≥800	心部≥9	心部≥80	心部 240～300	56～62	高速、中等或大的单位压力及冲击载荷的零件，如齿轮蜗杆、主轴
	S-G59						
40Cr	T215	>650	≥10	≥60	200～230		中等速度、中等载荷的零件，如齿轮、滚动轴承中运转动主轴、顶尖套、蜗杆、花键轴、轴
	T235				200～250		
	C42	>1140		50		40～45	中等速度、高载荷的零件，如齿轮、主轴、液压泵转子、滑块
	C48	1300～1400	7	～30		45～50	同上，要求截面小于 30mm^2
	G52					50～55	中等速度、中等压力的齿轮，如果心部强度要求较高，可先调质
65Mn	C45	≥1250	≥5			42～48	带状弹簧，截面大于 6mm^2 以上的弹簧、垫圈
	C58					55～60	高强度、高耐磨、高弹性的零件，如弹簧卡头、机床主轴
60Si2Mn	C42	≥1200	≥5			40～45	截面大于 12mm 承受较重载荷的大型弹簧
	C45	≥1300	≥6			42～43	
T10	Th 球化				≤197		不淬硬的精密丝杠
	T215				200～230		大载荷，有一定耐磨性的精密丝杠，钻套等
	C61					58～64	
2Cr13	T235	450	16	80	200～255		大气条件下不锈的，不大的零件，如镜面轴、标准尺
CrWMn	C56					54～58	变形小，耐磨性高的精密丝杠、凸轮样板、模具的导向套
	C62					60～61	
GCr15	C60	<1700				58～62	耐磨性高，承受压力大的垫块、心轴
	C63					61～65	载荷大，耐磨性高的零件，如叶片泵定子、靠模、滚动轴承
W18Cr4V	C63					61～65	高硬度、耐磨得零件，如油泵叶片、螺纹磨床顶尖及其他高温耐磨零件

注：T—调质，C—淬火，S-C—渗碳，S-G—渗碳高频，Y—氧化处理，T-G—调质高频，Z—正火

表 3-65　45 钢制零件热处理工艺规范以及其应用范围

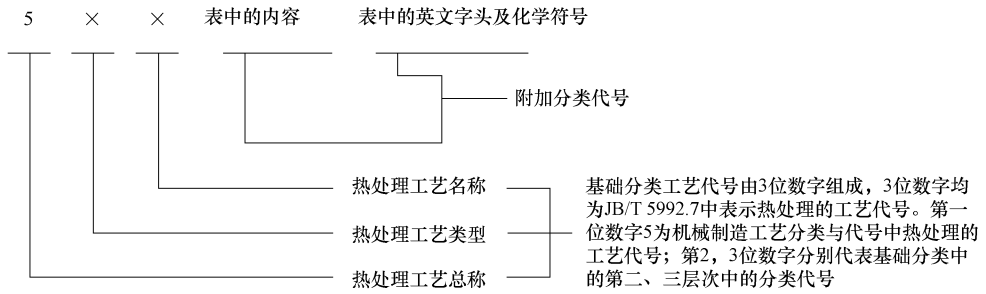
热处理代号	工艺规范	力学性能							应用范围举例	表面硬度能达到的截面尺寸/mm
		R_{eL} /MPa	R_m /MPa	A (%)	Z (%)	a_K/(J·cm^{-2})	HBW	HRC		
Z	840～860℃空冷	≥353	598	≥16	≥40	≥49	170～217	—	用于负荷不大的轴、丝杆、套筒、齿轮等零件	—

（续）

热处理代号	工艺规范	力学性能							应用范围举例	表面硬度能达到的截面尺寸/mm
		R_{eL}/MPa	R_m/MPa	A（%）	Z（%）	a_K/(J·cm^{-2})	HBW	HRC		
T215	820～840℃淬火 600～640℃回火	544	740	26.5	68	159	200～230	—	用于要求强度不高的齿轮、蜗杆、丝杆等零件	≤80
T235	820～840℃淬火 580～620℃回火	608	824	23.5	65	171	220～250	—	用于承受中等负荷、低速工作的轴、花键套、套、大型定位销等零件	
T265	820～840℃淬火 540～580℃回火	726	911	18.5	61	156	250～280	—	用于主轴、套筒、花键轴、丝杆及中等模数的齿轮等零件	
T285	820～840℃淬火 500～540℃回火	—	—	—	—	—	270～300	—		
C35	810～830℃淬火 400～450℃回火	≥637	≥882	≥15	≥40	≈39	—	35～40	用于具有较高强度的螺丝、螺母、销、垫圈等各种标准件	≤70
C42	810～830℃淬火 350～370℃回火	≥980	≥1176	≥10	≥40	≥59	—	42～47	用于要求强度、硬度较高、形状简单的离合器、齿轮、轴、销、挡铁等零件	≤50
C48	810～830℃淬火 240～280℃回火	≥931	≥1176	≥6	≥22	—	—	48～53	用于要求强度、硬度、耐磨性较高，且不受冲击的轴、齿轮、卡爪等零件	≤30
C42 T-C42	860～900℃淬火 300～360℃回火	—	—	—	—	—	—	42～47	用于小负荷，中等速度和承受一定冲击，模数小于2mm的齿轮、内齿轮、离合器和大轴等零件	—
C48 T-C48	860～900℃淬火 220～250℃回火	—	—	—	—	—	—	48～53	用于小负荷、中等速度、工作尺寸较大的齿轮、离合器和大轴等零件	—
C52 T-C52	860～900℃淬火 180～220℃回火	—	—	—	—	—	—	52～57	用于恒定重负荷、中等速度、模数小于4mm的齿轮、冲击不大的离合器和轴等零件	—
H48	860～900℃淬火 250～300℃回火	—	—	—	—	—	—	48～53	用于局部要求耐磨的零件	—
Dt480	570～590℃ 氮碳共渗	—	—	—	—	—	—	≥480HV	用于低精度的丝杠、进给系统齿轮和负荷不大而要求耐磨的零件	—

注：热处理代号的含义：H—火焰淬火，Dt—氮碳共渗，其余代号见表3-64的注。

表3-66　金属热处理工艺代号（摘自GB/T 12603—2005）



（续）

工艺总称	代号	工艺类型	代号	工艺名称	代号
热处理	5	整体热处理	1	退火	1
				正火	2
				淬火	3
				淬火和回火	4
				调质	5
				稳定化处理	6
				固溶处理,水韧处理	7
				固溶处理 + 时效	8
		表面热处理	2	表面淬火和回火	1
				物理气相沉积	2
				化学气相沉积	3
				等离子体增强化学气相沉积	4
				离子注入	5
		化学热处理	3	渗碳	1
				碳氮共渗	2
				渗氮	3
				氮碳共渗	4
				渗其他非金属	5
				渗金属	6
				多元共渗	7

附加分类代号

加热方式及代号

加热方式	可控气氛（气体）	真空	盐浴（液体）	感应	火焰	激光	电子束	等离子体	固体装箱	流态床	电接触
代号	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11

退火工艺及代号

退火工艺	去应力退火	均匀化退火	再结晶退火	石墨化退火	脱氢处理	球化退火	等温退火	完全退火	不完全退火
代号	St	H	R	G	D	Sp	I	F	P

淬火冷却介质和冷却方法及代号

冷却介质和方法	空气	油	水	盐水	有机聚合物水溶液	热浴	加压淬火	双介质淬火	分级淬火	等温淬火	形变淬火	气冷淬火	冷处理
代号	A	O	W	B	Po	H	Pr	I	M	Ar	Af	G	C

3.6.2　零件工作图应注明的热处理要求（表 3-67、表 3-68）

表 3-67　在零件工作图应注明的热处理要求

方法	一般零件	重要零件
普通热处理	1）热处理方法 2）硬度：标注波动范围一般为 HRC 在 5 个单位左右；HBW 在 30 ~ 40 个单位左右	1）热处理方法 2）零件不同部位的硬度 3）必要时提出零件不同部位的金相组织要求
表面淬火	1）热处理方法 2）硬度 3）淬火区域	1）热处理方法，必要时提出预先热处理要求 2）表面淬火硬度、心部硬度 3）淬硬层深度 4）表面淬火区域 5）必要时提出变形要求
渗碳	1）热处理方法 2）硬度 3）渗层深度：目前工厂多用下述方法确定	1）热处理方法 2）淬火、回火后表面硬度、心部硬度 3）渗碳层深度 4）渗碳区域 5）必要时提出渗碳层含碳量，一般在下述范围

（续）

方法	一般零件		重要零件			
渗碳	使用场合	深度	状态	含碳量（质量分数，%）		
	碳素渗碳钢	由表面至过渡层 1/2 处		表面过共析区	共析区	亚共析（过渡）区
	含铬渗碳钢	由表面至过渡层 2/3 处	炉冷	0.9～1.2	0.7～0.7	<0.7
	合金渗碳钢汽车齿轮	过共析、共析、过渡区总和	空冷	1.0～1.2	0.6～1.0	<0.6
	4）渗碳区域		6）必要时提出心部金相组织要求			
氮化	1）热处理方法 2）表面和心部硬度（表面硬度用 HV 或 HRA 测定） 3）氮化层深度（一般应≤0.6mm） 4）氮化区域		1）热处理方法 2）除一般零件几项要求外，还需提出心部力学性能 3）必要时，还要提出金相组织及对渗氮层脆性要求（直接用维氏硬度计压头的压痕形状来评定）			
碳氮共渗	1）中温碳氮共渗与渗碳同 2）低温碳氮共渗与氮化同		1）中温碳氮共渗与渗碳同 2）低温碳氮共渗与氮化同			

表 3-68　产品常用钢材热处理硬度的一般要求（参考值）

钢号	热处理后的硬度				附注
	正火 HBW	调质 HBW	淬火	渗碳 HRC	
12Cr13		217～255			
1Cr18Ni9			143～170HBW 143～170HBW		
20Cr13		229～269			
30Cr13		241～285	48～55HRC		
40Cr13		241～285	50～58HRC		
5CrMnMo		241～285	≥50HRC		
9Cr2		229～269	≥62HRC		
9SiCr		241～285	≥62HRC		
10、15、20、15Mn、20Mn				55～62	
15CrMnMo	156～207			58～62	
20CrMnMo	179～229			58～62	
20CrMnSi	179～229			58～62	
20CrMo	156～207			56～62	
20Mn2、20MoV、15Cr、20Cr				56～62	
20MnMo		200～230			
30CrMnSi	197～241	207～255	35～42		
30Mn2	163～217	197～241	32～40		
35	143～187	179～229	32～40		
35CrMn2	197～241	207～255	35～42		
35CrMo	207～255	229～269	38～45		
35Mn	170～217	197～241	35～42		
35Mn2	170～217	207～241	35～42		
35SiMn	187～229	217～255	35～42		
40Cr	179～229	217～255	40～48		
40CrMn	207～241	217～255	40～48		
40CrMnB	207～255	229～269	45～52		
40CrMnMo	207～255	229～269	45～52		
40CrMoTi	207～255	229～269	45～52		
40Cr2MoV	229～285	241～285	42～52		
40CrSi	229～269	241～285	45～52		
40CrV	207～255	229～269	42～50		
40Mn	170～217	207～255	40～48		
40Mn2	179～229	217～255	40～48		
40CrMo		250～350			
45	170～229	217～255	40～48		
45Cr	187～229	229～269	45～52		
45CrV	217～269	241～285	48～55		
45Mn	179～229	217～269	45～52		
45Mn2	187～229	217～269	45～52		
50	179～229	217～255	45～52		

（续）

钢号	热处理后的硬度				附注
	正火 HBW	调质 HBW	淬火	渗碳 HRC	
50Mn	187 ~ 241	229 ~ 269	50 ~ 58		
50Mn2	197 ~ 241	229 ~ 269	50 ~ 58		
50Cr	197 ~ 241	229 ~ 269	50 ~ 58		
65Mn	217 ~ 269				
Cr12MoV			≥58		
GCr6、GCr15		241 ~ 285	58 ~ 62		
Q235-A	137 ~ 187	179 ~ 229	32 ~ 40		
ZG20CrMo	143 ~ 187			55 ~ 60	
ZG35CrMnSi	217 ~ 269	241 ~ 285	40 ~ 48		
ZG35CrMo	179 ~ 229	229 ~ 269	38 ~ 45		毛坯表面淬火 35 ~ 42HRC
ZG35Mn	163 ~ 207	187 ~ 229	32 ~ 40		毛坯表面淬火 30 ~ 38HRC
ZG40Cr	170 ~ 217	217 ~ 255	40 ~ 48		
ZG40CrMnMo	187 ~ 229	229 ~ 269	42 ~ 50		
ZG40Mn	163 ~ 207	207 ~ 241	40 ~ 48		
ZG40Mn2	170 ~ 217	217 ~ 255	40 ~ 48		
ZG50Mn	179 ~ 217	217 ~ 255	50 ~ 58		
ZG50Mn2	197 ~ 229	217 ~ 289	50 ~ 58		
ZG70Cr	255 ~ 302				
ZG200-400	99 ~ 143			55 ~ 60	
ZG230-450	121 ~ 170				
ZG270-500	143 ~ 187	179 ~ 229	30 ~ 38		
ZG310-570	156 ~ 217	217 ~ 255	38 ~ 45		
ZG340-640	189 ~ 229	229 ~ 269	48 ~ 55		
ZGMn13			180 ~ 220HBW		

注：1. 进行表面淬火的硬度要求，可按本表相同钢号的淬火硬度高 2 ~ 5HRC，但最高硬度不应大于 62HRC（有特殊要求者除外）。

2. 表面淬火深度一般为 1 ~ 5mm。齿轮的轮齿表面淬火深度按下表规定。

齿轮模数 m_n	≤8	>8 ~ 20	>20 ~ 50
淬火深度/mm	1 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 5

3. 零件经热处理后，其硬度的不均匀性（最硬和最软部分的硬度差）不应超过 25HBW 或 3HRC。

4. 渗碳深度依零件的作用情况确定，但深度的上、下限应按下表规定的数值选取。

0.4 ~ 0.7	0.6 ~ 0.9	0.8 ~ 1.2	1.0 ~ 1.4	1.2 ~ 1.6	1.4 ~ 1.8	1.6 ~ 2.0
2.0 ~ 2.4	2.4 ~ 2.8	2.8 ~ 3.2	3.2 ~ 3.6	3.6 ~ 4.0	4.0 ~ 4.4	4.4 ~ 4.8

5. 工作图上的热处理要求，应注明热处理方法和硬度范围，对渗碳或表面淬火的零件，应明确指出进行热处理的部位和注明渗碳或淬火层的深度；对重要的零件，经热处理后对机械性能有要求时，则还应注明其相应的数值。

6. 工作图所注的热处理方法，应包括预先、中间和最后热处理，但退火为钢件必须的要求，以及由于工艺方面的需要（如防止变形等）所进行的热处理，在工作图中可不提出。

7. 热处理要求的标注示例：

1）35 钢心轴，最后热处理为淬火；

热处理：淬火 32 ~ 40HRC。

2）40Cr 钢齿轮轴，齿轮模数 $m_n = 16$mm，调质后轮齿表面淬火；

热处理：调质 217 ~ 255HBW，轮齿表面淬火 40 ~ 48HRC，深 2 ~ 4mm。

3）20Cr 钢套筒，其外圆按表面渗碳后淬火：

热处理：外圆表面渗碳深 0.8 ~ 12mm，淬火 56 ~ 62HRC。

3.6.3 典型零件的热处理实例

实例：选择并分析一般条件下工作的减速器中齿轮材料及热处理，并在零件图中标出。

解：

1. 齿轮可能的失效形式

齿轮可能的失效形式：齿面疲劳点蚀（或称疲劳磨损）、轮齿折断、齿面磨损、齿面胶合、齿面塑性变形，因此设计齿轮传动时，应使齿面具有较高的耐磨损性、抗点蚀性、抗胶合性及抗塑性变形的能力，而齿根要有较高的抗折断的能力。因此，设计齿轮对齿轮材料的基本要求应该是：齿面要硬，齿心要韧，易于加工及热处理（只有通过热处理的方法才能达到齿面硬、齿心韧的效果）。

2. 齿轮选材分析

常用齿轮材料是钢、铸铁和非金属材料，钢具有高的强度、韧性和塑性，并可用热处理或化学热处理方法改善其力学性能及提高齿面硬度，故最适合用来制造齿轮。

由于现代工业和科学技术的不断发展，对力学性能和物理、化学性能提出了更高的要求，有时碳钢即使经过热处理，也不能满足要求，从而就发展了合金钢。合金钢就是为了改善和提高碳钢的性能或使之获得某些特殊性能，在碳钢的基础上，特意加入某些合金元素而得到的多元的、以铁为基的合金。

合金钢由于加入了合金元素，因此提高了机械性能，但是价格较碳钢贵。合金钢常用于制作高速、重载并在冲击载荷下工作的齿轮。

根据工作条件推荐选用的齿轮材料和热处理方式见表 3-69。

表 3-69 根据工作条件推荐选用的齿轮材料和热处理

传动方式	工作条件		小齿轮			大齿轮		
	速度	载荷	材料	热处理	硬度	材料	热处理	硬度
开式传动	低速	轻载,无冲击,不重要的传动	Q275	正火	150～180HBW	HT200		170～230HBW
						HT250		170～40HBW
		轻载,冲击小	45	正火	170～200HBW	QT500-7	正火	170～207HBW
						QT600-3		197～269HBW
		中载	45	正火	170～200HBW	35	正火	150～180HBW
			ZG310-570	调质	200～250HBW	ZG270-500	调质	190～230HBW
		重载	45	整体淬火	38～48HRC	35、ZG270-500	整体淬火	35～40HRC
闭式传动	中速	中载	45	调质	220～250HBW	35、ZG270-500	调质	190～230HBW
			45	整体淬火	38～48HRC	35	整体淬火	35～40HRC
			40Cr 40MnB 40MnVB	调质	230～280HBW	45、50	调质	220～250HBW
						ZG270-500	正火	180～230HBW
						35、40	调质	190～230HBW
		重载	45	整体淬火	38～48HRC	35	整体淬火	35～45HRC
				表面淬火	40～50HRC	45	调质	220～250HBW
			40Cr 40MnB 40MnVB	整体淬火	35～42HRC	35、45	整体淬火	35～40HRC
				表面淬火	52～55HRC	45、50	表面淬火	45～50HRC
	高速	中载，无猛烈冲击	40Cr 40MnB 40MnVB	整体淬火	35～42HRC	35、40	整体淬火	35～40HRC
				表面淬火	52～56HRC	45、50	表面淬火	45～50HRC
		中载，有冲击	20Cr 20Mn2B 20MnVB 20CrMnTi	渗碳淬火	56～62HRC	ZG310-570	正火	150～210HBW
						35	调质	190～230HBW
						20Cr20MnVB	渗碳淬火	56～62HRC

本例是减速器的齿轮，因此齿轮传动属于闭式传动。又考虑是一般减速器用的齿轮，且工作条件一般（一般功率、一般转速），因此选择软齿面齿轮（加工工艺简单、成本低、造价低）足以满足使用要求。

闭式软齿面齿轮传动常用材料是中碳钢或中碳合金钢，例如 35、45、40Cr 和 35SiMn，一般经调质或正火处理。此类材料的特点是制造方便，多用于对强度、速度和精度要求不高的一般机械传动中。

3. 热处理分析

由于小齿轮轮齿工作次数较多，为使大小齿轮尽量等寿命，应使小齿轮齿面硬度比大齿轮的硬度高 30 ~ 50HBW，可通过采用不同种材料同一热处理，或采用同一种材料不同的热处理方法来达到硬度差。本题采用了前一种方法：选择小齿轮材料为 40Cr，调质处理，齿面平均硬度 270HBW；大齿轮材料为 45 钢，调质处理，齿面平均硬度 240HBW。两齿轮齿面硬度差 270 − 240 = 30 HBW，在 30 ~ 50HBW 范围内，合格。

本例大小齿轮都采用调质处理，目的是使钢件有很高的韧性和足够的强度，具有综合的优良力学性能。

（1）小齿轮 40Cr 热处理分析

小齿轮采用 40Cr，调质处理，铬能增加钢的淬透性，提高钢的强度和回火稳定性，具有优良的力学性能。但铬钢有第二类回火脆性。

小齿轮 40Cr 工件调质的淬回火，应注意：

1）40Cr 工件淬火后应采用油冷，40Cr 钢的淬透性较好，在油中冷却能淬硬，而且工件的变形、开裂倾向小。也可以在水中淬火，只是操作者要凭经验严格掌握入水、出水的温度。

2）40Cr 工件调质后硬度仍然偏高，第二次回火温度就要增加 20 ~ 50℃，否则，使硬度降低就很困难。

3）40Cr 工件高温回火后，形状复杂的在油中冷却，简单的在水中冷却，目的是避免第二类回火脆性的影响。回火快冷后的工件，必要时再施以消除应力处理。

4）操作工的水平是个影响调质工件质量的重要因素，同时，还有设备、材料和调质前加工等多方面的原因：①工件从加热炉转移到冷却槽速度缓慢，工件入水的温度已降到低于 Ar_3 临界点，产生部分分解，工件得到不完全淬火组织，达不到硬度要求。所以小零件冷却要讲究速度，大工件预冷要掌握时间。②工件装炉量要合理，以 1 ~ 2 层为宜，工件相互重叠造成加热不均匀，导致硬度不匀。③工件入水排列应保持一定距离，过密使工件近处蒸汽膜破裂受阻，造成工件接近面硬度偏低。④开炉淬火，不能一口气淬完，应视炉温下降程度，中途闭炉重新升温，以便前后工件淬后硬度一致。⑤要注意冷却液的温度，10% 盐水的温度如高于 60℃，不能使用。冷却液不能有油污、泥浆等杂质，不然，会出现硬度不足或不均匀现象。⑥未经加工毛坯调质，硬度不会均匀，如要得到好的调质质量，毛坯应粗车，棒料要锻打。⑦严把质量关，淬火后硬度偏低 1 ~ 3HRC，可以调整回火温度来达到硬度要求。但淬火后工件硬度过低，有的甚至只有 25 ~ 35HRC，必须重新淬火，绝不能只施以中温或低温回火以达到图样要求完事，不然，失去了调质的意义，并有可能产生严重的后果。

（2）大齿轮 45 钢热处理分析

大齿轮采用 45 钢，调质处理。45 钢是中碳结构钢，冷热加工性能都不错，力学性能较

好，且价格低、来源广，所以应用广泛。它的最大弱点是淬透性低，截面尺寸大和要求比较高的工件不宜采用。

45 钢淬火温度通常在 Ac_3 +(30～50)℃。所谓淬火就是将钢加热到 Ac_3（亚共析钢）或 Ac_1（过共析钢）以上 30～50℃，保温后放入各种不同的冷却介质中以获得马氏体组织。碳钢经淬火后的组织由马氏体及一定数量的残余奥氏体所组成。为了正确地进行钢的淬火，必须考虑下列三个重要因素：淬火加热的温度、保温时间和冷却速度。

1）淬火温度的选择：选定正确的加热温度是保证淬火质量的重要环节。淬火时的具体加热温度主要取决于钢的含碳量，可根据 Fe-Fe_3C 相图确定。对亚共析钢，其加热温度为 Ac_3 +(30～50)℃，若加热温度不足（低于 Ac_3），则淬火组织中将出现铁素体而造成强度及硬度的降低。GB/T 699 规定的 45 钢推荐热处理制度为 840℃淬火。

2）保温时间的确定：淬火加热时间是将试样加热到淬火温度所需的时间及在淬火温度停留保温所需时间的总和。加热时间与钢的成分、工件的形状尺寸、所需的加热介质及加热方法等因素有关，一般可按照经验公式来估算，碳钢在电炉中加热时间的计算可参考表 3-70。

表 3-70　碳钢在箱式电炉中保温时间的确定

加热温度/℃	工件形状		
	圆柱形	方形	板形
	保温时间		
	分钟/每毫米直径	分钟/每毫米厚度	分钟/每毫米厚度
700	1.5	2.2	3
800	1.0	1.5	2
900	0.8	1.2	1.6
1000	0.4	0.6	0.8

3）冷却速度的影响：冷却是淬火的关键工序，它直接影响到钢淬火后的组织和性能。冷却时应使冷却速度大于临界冷却速度，以保证获得马氏体组织；在这个前提下又应尽量缓慢冷却，以减少钢中的内应力，防止变形和开裂。通常淬火工件在过冷奥氏体最不稳定的温度范围（650～550℃）进行快冷，而在较低温度（300～100℃）时冷却速度则尽可能慢些。

因为 45 钢淬透性低，故应采用冷却速度大的 10% 盐水溶液。工件入水后，应该淬透，但不是冷透，如果工件在盐水中冷透，就有可能使工件开裂，这是因为当工件冷却到 180℃左右时，奥氏体迅速转变为马氏体造成过大的组织应力所致。因此，当淬火工件快冷到该温度区域，就应采取缓冷的方法。由于出水温度难以掌握，需凭经验操作，当水中的工件抖动停止，即可出水空冷（如能油冷更好）。另外，工件入水宜动不宜静，应按照工件的几何形状，作规则运动。静止的冷却介质加上静止的工件，导致硬度不均匀，应力不均匀而使工件变形大，甚至开裂。

45 钢调质件淬火后的硬度应该达到 56～59HRC，截面大的可能性低些，但不能低于 48HRC，不然，就说明工件未得到完全淬火，组织中可能出现索氏体甚至铁素体组织，这种组织通过回火，仍然保留在基体中，达不到调质的目的。

45 钢淬火后的高温回火，加热温度通常为 560～600℃，硬度要求为 22～34HRC。因为调质的目的是得到理想的综合机械性能，所以硬度范围比较宽。但图样有硬度要求的，就要按图样要求调整回火温度，以保证硬度。如有些轴类零件要求强度高，硬度要求就高。而本例为齿轮，因调质后还要进行加工，硬度要求就低些。关于回火保温时间，视硬度要求和工

件大小而定，回火后的硬度取决于回火温度，与回火时间关系不大，但必须回透，一般工件回火保温时间在一小时以上。

3.7　装配通用技术要求

3.7.1　装配类型、方法及特点

根据产品的装配要求和生产批量，机械零件的装配有互换、选配、调整和修配四种工艺方法。

（1）互换法

用控制零件加工误差来保证装配精度的一种方法，所装配的同一种零件能互换装入，装配时可以不加选择，不进行调整和修配。这类零件的加工公差要求严格，它与配合件公差之和应符合装配精度要求。这种配合方法主要适用于生产批量大的产品，如汽车、拖拉机的某些部件的装配。互换法又分为完全互换法和不全互换法。根据互换程度，分两种：

1）完全互换法 就是机器在装配过程中每个待装配零件不需要挑选、修配和调整装配后就能达到装配精度。在满足零件加工经济精度情况下，首先考虑选用完全互换。

2）不完全互换法（部分互换法）用极值法计算各组成环的公差，结果有时候难于满足零件的经济加工精度要求，甚至很难加工，因此可以适当放大零件公差。优点是放大了零件制造公差，零件加工容易，成本低。但有极小部分产品达不到装配精度。

（2）选配法

对于成批、大量生产的高精度部件如滚动轴承等，为了提高加工经济性，通常将精度高的零件的加工公差放宽，然后按照实际尺寸的大小分成若干组，使各对应的组内相互配合的零件仍能按配合要求实现互换装配。选配法又分为直接选配法和分组选配法。

1）直接选配法：由装配工人在许多待装配的零件中凭经验挑选合适的零件装配在一起来保证装配精度。优点是简单，缺点是选配时间长，且不宜在有节拍的生产中使用。

2）分组选配法：将被加工零件的制造公差放宽几倍，零件加工测量后分组（公差放宽几倍分几组），并按对应组进行装配以保证装配精度的方法。优点是零件加工精度要求不高，而能获得很高的装配精度，而且同组零件可以互换。缺点是增加零件的存储量，增加了零件的测量分组工作，使零件的储存运输工作复杂化。

（3）调整法

调整装配法是按经济加工精度确定零件公差，采用改变一个零件位置或选定一个适当尺寸的调整件加入尺寸链中来补偿，以保证装配的精度。常用的调整件有螺纹件、斜面件和偏心件等；补偿件有垫片和定位圈等。这种方法适用于单件和中小批生产的结构较复杂的产品，成批生产中也少量应用。常见的调整法有以下三种：

1）可动调整装配法；

2）固定调整装配法；

3）误差抵消调整装配法。

（4）修配法

对于装配精度要求较高的多环尺寸链，各组成环按经济精度加工，选其中一环为修配环，并预留修配量，使封闭环达到精度要求，这种方法称为修配法。优点是能利用较低的制造精度来获得很高的装配精度。缺点是劳动量大，要求装配工有较高的技术水平和熟练程度，依靠手工操作用锉、磨和刮削等工艺方法改变个别零件的尺寸、形状和位置，使配合达到规定的精度，装配效率低。不易预定工时，不便组织流水线生产。

零件的装配类型、方法和特点见表 3-71。

表 3-71　零件的装配类型、方法和特点

装配法	工艺特点	适用范围	注意事项
完全互换法	1. 配合件公差之和，小于或等于规定的装配允差 2. 装配操作简单 3. 便于组织流水线作业 4. 有利于维修工作 5. 对零件的加工精度要求较高	适用于零件数较少、批量大、零件可用经济加工精度制造的产品；或虽零件数较多、批量较小，但装配精度要求不高者 汽车、拖拉机、中小型柴油机和缝纫机等产品中的一些部件装配，应用较广	
不完全互换法	1. 配合件公差平方和的平方根。小于或等于规定的装配允差 2. 仍具有完全互换法的 2、3、4 条特点 3. 会出现极少数超差配合	适用于零件略多、批量大、装配精度有一定要求；零件加工公差比完全互换法适当放宽 如上述完全互换法产品中其他一些部件的装配	装配时要注意检查，对不合格的零件须退修，或更换能补偿偏差的零件
分组选配法	1. 零件的加工误差比装配要求的允差大数倍，以尺寸分组选配来达到配合精度 2. 以质量分数进行分组选配 3. 增加对零件的测量分组、储存和管理工作	适用于大批量生产中零件少、装配精度要求较高，又不便采用其他调整装置时 如中小型柴油机的活塞和活塞销、活塞和缸套的配合；滚动轴承内外圈和滚动体的配合；连杆活塞组件质(重)量分级选配	1. 严格加强对零件的组织管理工作 2. 一般分组以 2 ~ 4 组为宜 3. 为避免库存积压选配剩余的零件，可调整下批零件的加工公差
调整法	1. 零件按经济精度加工，装配过程中调整零件之间的相对位置，使各零件相互抵消其加工误差，取得装配精度 2. 选用尺寸分级的调整件，如垫片、垫圈、隔圈等调整间隙，选用方便，流水线作业均适用 3. 选择可调件或调整机构，如斜面、螺纹等调整有关零件的相对位置，以获得最小的装配积累误差	适用于零件较多、装配精度高，但不宜采用选配法时 应用面较广，如安装滚动轴承的主轴用隔圈调整游隙；锥齿轮副以垫片调整侧隙，以及机床导轨的镶条和内燃机气门的调节螺钉	1. 调整件的尺寸的分组数，视装配精度要求而定 2. 选择可调件时应考虑防松措施 3. 增加调整件或调整机构易影响配合副的刚度
修配法	1. 预留修配量的零件，在装配过程中通过手工修配或机械加工、获得高要求的装配精度。很大程度上依靠操作者的技术水平 2. 复杂精密的部件或产品，装配后作为一个整体，进行一次配合精加工，消除其积累误差	单件小批生产中，装配要求高的场合下采用 如主轴箱底面用磨削或刮研与床身配合；汽轮机叶轮装上主轴时，修配调节环控制轴向尺寸 平面磨床工作台进行自磨	1. 一般应选择易于拆装，且修配面较小的零件作为修配件 2. 尽可能利用精密加工方法代替手工修配，如配磨或配研

3.7.2　机械装配工艺注意事项

零件装配和维修结构工艺性对于产品的整个生产过程有很大影响。它是评定机器设计好

坏的标志之一。装配过程的难易、成本的高低以及机器使用性能是否良好，在很大程度上取决于它本身的结构。

机器的装配工艺性要求机器结构在装配过程中，使相互连接的零部件不用或少用修配和机械加工，就能花比较少的劳动量按要求顺利地装配起来并达到规定的装配精度。

装配对零部件结构工艺性的要求，主要是使装配周期最短、劳动量最少而且操作方便容易达到装配精度要求，举例说明如下。

1. 装配单元的划分

整台机器应能分拆成若干可以单独装配的单元——部件、组合件。由于各部件、组合件构成的装配单元可平行作业，因此可缩短装配周期，且便于维修（只需要将检修的部分拆下）。

采用这种设计法，常需要增加一些连接零件，但装配工艺性有很大改善，故在实际生产中常常采用。

为了多快好省地装配机器，必须最大限度缩短装配周期，而把机器分成若干个装配单元是缩短装配周期的基本措施。因为机器分拆成若干个装配单元后，可以在装配工作上组织平行装配作业，扩大装配工作面，而且能使装配按流水线组织生产。同时，各装配单元能预先调整试验。各部分能以较完善的状态送去总装，有利于保证机器的最终质量。

将机器分拆成若干独立装配单元，除上述优点外，还有下列好处：

1）便于部件规格化、系列化和标准化，并可减少劳动量，提高装配生产率和降低成本。

2）有利于不断改进和提高机器质量。这对重型机器尤为重要，因为它们寿命周期较长，不会轻易报废。随着科学技术进步和要求的不断提高，经常在使用过程中需加以改进。若机器具有独立装配单元，则改进起来很方便。

3）便于协作生产。可由各专业工厂分别生产独立单元，然后再集中进行装配。

4）给重型机械包装运输带来很大方便。

5）装配工作中，可在组织平行装配作业基础上安排流水线作业生产。

6）各独立装配单元可预先进行调整。

2. 能够方便装拆

设计机器结构时，必须考虑装配工作简单方便。很重要的一点是套件的几个表面不应该是同时地装入基准零件（如箱体零件）的配合孔中，而应该按先后次序，依次装入。

综上所述，一般装配和维修对零件结构工艺性的要求主要包括：能够组成单独的部件或装配单元、应具有合适的装配基面、考虑装配和拆卸的方便性、考虑设备维护的方便性、选择合理的调整或补偿环以及尽量减少修配工作量等。

（1）螺纹连接装拆

螺纹连接的装拆要留有足够的装拆空间。设计机器时，要使所设计机器的各零、部（组）件之间易于装配和拆卸（也有不要拆卸的），并力求装配工作量小。图 3-3a 所示的结构，螺钉过长，无法装入。应采用图 3-3b 所示的结构，考虑螺钉要有足够的空间装入和拆下。对螺纹连接还要注意留足够扳手空间，否则无法用扳手拧紧，图 3-3c 所示，所留扳手空间太小，应改成如图 3-3d 所示的结构（图中所示尺寸 A、B、C 可由有关手册中查出）。

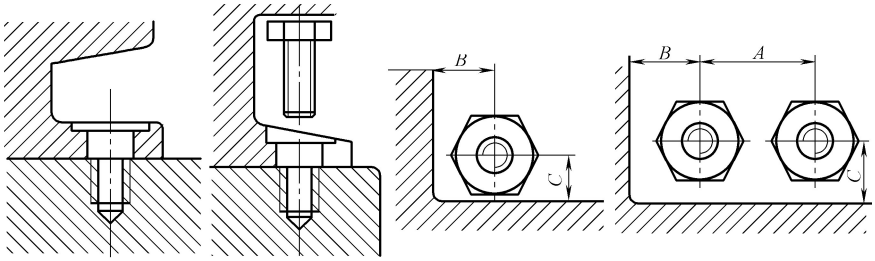


图 3-3　螺纹连接的装拆空间

再如图 3-4 所示，当圆柱面配合较紧时，应设有拆卸螺钉以便维修时拆卸。

（2）滚动轴承的装拆

滚动轴承在轴上的装拆时应避免从外圈施力，因此在设计时，应使轴肩高度小于轴承内圈厚度，如图 3-5b 所示，使轴承内圈露出于轴肩，便于用工具通过内圈将轴承拆下。图 3-5a 的结构设计是不合理的。又如图3-5c 所示，为圆锥滚子轴承座孔的设计是不合理的，因轴承外圈的拆卸是困难的。应采用图 3-5d 所示的结构，使轴承座孔的凸肩高度小于轴承外圈的厚度。

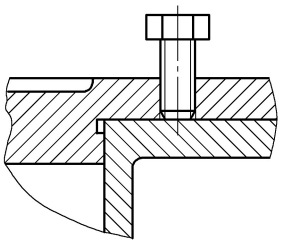


图 3-4　便于拆卸的结构设计图

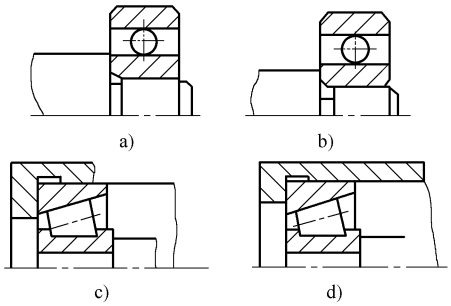


图 3-5　轴颈结构尺寸的合理选择

再如图 3-6 所示，装配零件 1 时，其键槽要与轴上的键对准，而图 3-6a 所示的轴结构，不如图 3-6c 和图 3-6b 的结构易于对准。

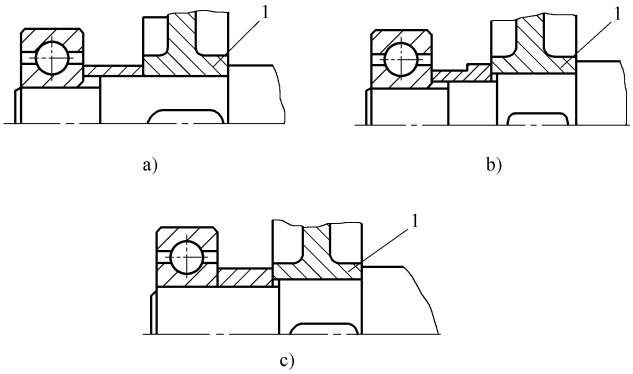


图 3-6　较易对准装配的结构

另外，为了便于安装，在设计中要避免两段配合面同时进入装配。例如图 3-7 所示，蜗杆轴装入箱体时，两轴承外圈不应同时装入轴承座孔，而是一前一后地进入轴承座孔配合面。

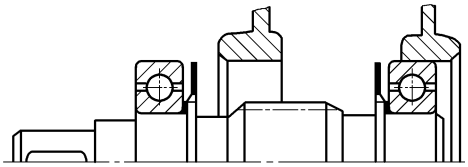


图 3-7　两轴承不应同时装入箱体孔

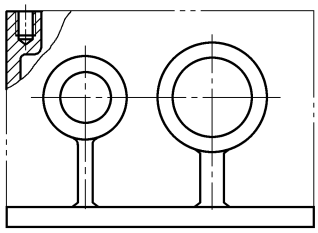


图 3-8　整体式箱体

（3）箱体类零件装配

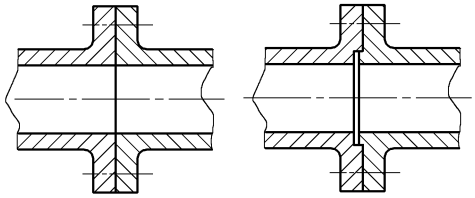
对于箱体类零件，为了便于装拆常设计成剖分式结构。例如齿轮箱，设计成沿轴承孔的轴线把箱体分为上箱盖、下箱座两部分。轴上的齿轮、滚动轴承、轴套等零件，可先与轴进行装配，然后一起放入下箱座的轴承孔中，再装上箱盖。若为图 3-8 所示的整体式箱体，当齿轮顶圆直径大于轴承孔孔径时，只能将齿轮放入箱体内，将轴从轴承孔穿入进行装配。显然，这种整体式箱体结构的设计，造成装配工作不方便，特别是当齿轮与轴采用过盈配合时，装配困难更大。但剖分式箱体比整体式箱体的结构加工工艺较复杂。剖分面需制出凸缘，并用螺栓和销钉将剖分的两部分定位和连接；剖分面要进行精加工；轴承孔的加工需将剖分的两部分用螺栓和销钉连接定位后组合加工。即剖分式箱体的机械加工量要增大，加工工艺也明显复杂。尽管如此，由于装配工作难度可大为降低，且装配方便可靠，剖分式箱体仍常被采用。

3. 保证正确安装措施

（1）装配零件要有定位基准

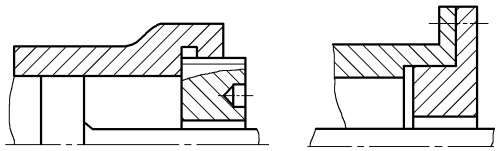
零件的结构设计，要确保在装配时能方便准确地达到所要求的位置。如图 3-9 所示，两法兰盘用普通螺栓连接，两法兰盘轴孔有同轴度要求。图 3-9a 无定位基准，难于满足同轴度要求，而图 3-9b 所示结构有定位基准，则易于保证两轴孔的同轴度。

图 3-10 所示的液压缸要求缸盖上的孔（活塞杆由此穿出）要求与缸体内圆表面同轴。如按图 3-10a 所示，缸盖与缸体用螺纹直接连接，由于螺纹之间有间隙，则不能保证其同轴度，而应同时设有定位基准，如图 3-10b 所示缸盖与缸体用螺栓连接，都设有止口作为定位基准。



a)　b)

图 3-9　联轴器装配图



a)　b)

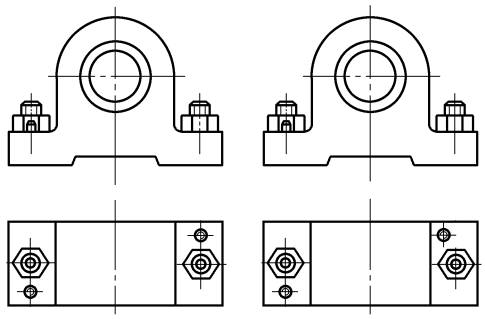
图 3-10　液压缸装配结构

图 3-11 所示为支座的安装位置，用两个销钉定位。若如图 3-11a 所示来布置定位销（两个销在轴对称位置，相距 180°），安装时若不慎将支座转 180°也能安装上，但将会产生安装错误。如按图 3-11b 所示，定位销不放在轴对称位置（错开一点），则可避免产生上述安装误差。

（2）补偿误差的结构措施

为了使零件能够获得准确的安装位置，仅依靠提高加工精度，既不经济又使加工难度加大，因此常采用一些结构措施补偿误差，以保证装配质量。

例如对于一般圆柱齿轮机构，设计时使小齿轮比大齿轮稍宽一些，当有装配误差时，仍能保证齿轮沿全齿宽啮合，这就在保证安装要求的前提下降低装配精度。



a)　　b)

图 3-11　支撑座安装定位

图 3-12 所示结构，在轴承外圈与轴承盖 2 之间加一环状零件 1，它的厚度是在装配时根据测量结果配置的。图示中其他组件的轴向尺寸加工时，可按自由公差加工，积累的轴向误差用零件 1 补偿，以保证对轴承内外圈的固定要求。

当装配精度要求较高时，也常采取一些结构措施，在装配时调整零件的位置进行误差补偿以保证装配精度。例如锥齿轮机构，要求两齿轮副的节圆锥共顶，以保证正确啮合。因此装配时要使两轮能沿各自轴线有调整量，以便将两齿轮调整到合适位置。

通常锥齿轮的轴向位移用轴承座处的垫片来调整，从动大锥齿轮的轴向位移用两端轴承盖处的垫片来调整。又如蜗杆蜗轮机构的装配，图 3-13a 所示是正确啮合位置，而图 3-13b 所示为不正确，所以装配时蜗轮的轴向位置要能调整。通常用蜗轮两端轴承盖处的垫片来调整蜗轮的轴向位置。

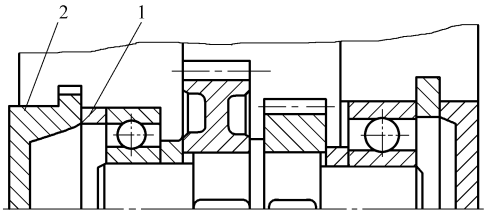
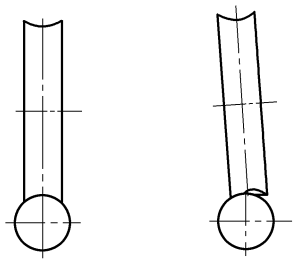


图 3-12　轴向误差补偿



a)　　b)

图 3-13　蜗杆蜗轮装配

4. 尽量减少装配时的修配和机械加工

装配时的修配工作，不仅要求技术高，而且多半是手工操作，既费工又难以确定工作量。因此，在结构设计中就应考虑到如何将装配时的修配工作减少到最低限度。

5. 装配和维修对零件结构工艺性的要求

零件的结构应便于装配和维修时的拆装。如图 3-14a 图结构无透气口，销钉孔内的空气

难以排出，故销钉不易装入。改进后的结构如图 3-14b、c。

在图 3-14d 中为无法使轴肩与支承面紧贴，可在轴肩处切槽或孔口处倒角如图 3-14e 及 f 所示。

图 3-14g 为两个零件配合，由于同一方向只能有一个定位基面，故图 3-14g 不合理。而改为图 3-14h 为合理的结构。

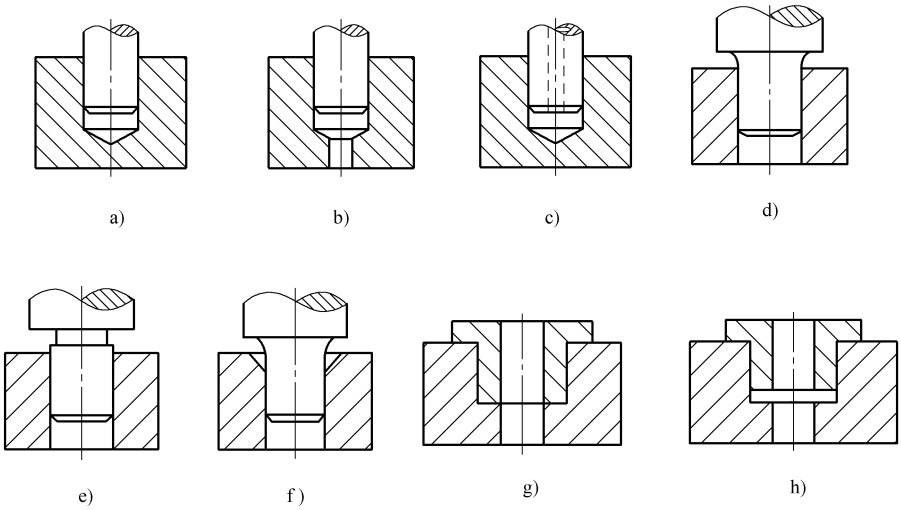


图 3-14　便于装配的零件结构示例

图 3-15 为便于拆装的零件结构示例。在图 3-15a 图中，由于轴肩超过轴承内圈，故轴承内圈无法拆卸（轴承拆卸器无法抓住轴承内圈）。改为图 3-15b 所示的结构，则轴承内圈可以拆卸。

图 3-15c 为压入式衬套，该结构衬套无法拆卸。若在外壳端面设计几个螺孔如图 3-15d 所示，则可用螺钉将衬套顶出。

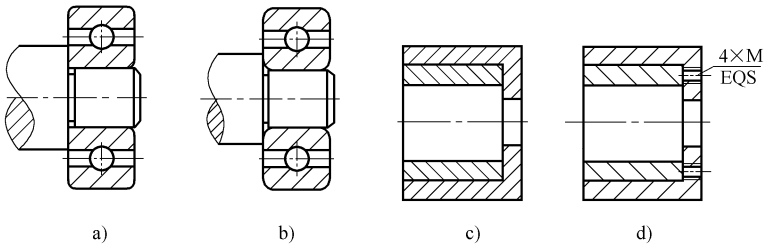


图 3-15　便于拆卸的零件结构示例

3.7.3　装配通用技术条件

以下内容摘自切削加工件通用技术条件（GB/T 25376—2010）。

1. 一般要求

1）加工件应符合图样、工艺文件和有关标准的规定。

2）铸件上不影响使用和外观的缺陷，允许按有关规定进行修补。

3）重要铸件粗加工后宜进行时效处理，Ⅲ级和Ⅲ级以上机床精度等级（机床精度等级

按 GB/T 25372《金属切削机床　精度分级》中的绝对精度等级 ）的重要铸件，半精加工后还应进行时效处理。

4）加工件的锐边、尖角在图样上未注明要求时（有规定的要求除外）应倒角、倒钝和除去毛刺。机械加工面与毛坯交接处倒角宽度和角度应符合图样要求。

5）丝杠、蜗杆等的第一圈螺纹端部的厚度应大于 1mm，厚度小于 1mm 的应修去不完整螺纹。

6）加工件在热处理后不再进行加工的表面应清理干净。表面处理后的加工件光泽应均匀一致。

7）加工件尺寸未注明极限偏差时，应符合 GB/T 1804—2000 中规定的 m 级。

8）加工件的不通孔深度未注明公差时，其极限偏差应不超过表 3-72 的规定。

表 3-72　加工件不通孔深度未注明公差时极限偏差值

孔深/mm	极限偏差/mm	孔深/mm	极限偏差/mm
≤50	+2.0 0	>100	+8.0 0
>50～100	+6.0 0		

9）加工件未注明公差的锥度和角度，有配合要求的按 GB/T 11334—2005 中规定的 AT12 级，无配合要求的应符合 GB/T 1804—2000 中规定的 c 值。

10）加工件未注明公差带的普通螺纹按 GB/T 197 的规定，内螺纹为 6H，外螺纹为 6g。

11）机床的主轴、套筒和与其相配的心轴、顶尖等加工件的锥体按 GB/T 23575《金属切削机床　结合面涂色法检验及评定》的规定，用量规做涂色法检验。锥体的接触应靠近大端，实际接触长度与工件长度的接触比值不应低于表 3-73 的规定。

12）加工件的已加工表面不应有磕碰、划伤和锈蚀等缺陷。螺纹表面不应有压痕。搬运和存放时，应采取防止加工件损伤和变形的措施。

表 3-73　锥体实际接触长度与工件长度的最小值

机床精度等级	接触比值(%)	机床精度等级	接触比值(%)
Ⅲ级和Ⅲ级以上	85	Ⅴ级	75
Ⅳ级	80		

注：有特殊要求的锥体，接触可靠近小端。

2. 主要加工件基本要求

（1）导轨表面和结合面

1）导轨面加工精度应达到各类型机床的精度标准和技术要求，并留有储备量。

2）常用机械加工方法加工的两配合件的结合面，应用涂色法检验接触情况，检验方法及接触指标按 GB/T 25375《金属切削机床 结合面涂色法检验及评定》的规定。

3）镶钢导轨和钢导轨的安装基面应符合重要固定结合面的要求。

4）直线滚动导轨副的安装基面、侧向定位面的加工精度应符合直线导轨副的精度等级的要求。

5）滚动导轨块的安装基面与机床导轨滚动接触面的精度应符合滚动导轨块的精度等级要求。

6）机械加工后的导轨表面和特别重要固定结合面的表面粗糙度 *Ra* 的最大允许值宜符合

表 3-74 的规定。

表 3-74　导轨表面及重要固定结合面表面粗糙度 *Ra* 最大允许值　（μm）

机床精度等级	铸铁导轨	镶钢或钢导轨	移置导轨和特别重要固定结合面
Ⅲ级和Ⅲ级以上	0.63	0.32	0.8
Ⅳ级	0.8	0.4	1.6
Ⅴ级	1.25	0.8	1.6

7）机械加工后的平导轨面不应有明显的波纹，圆柱导轨面不应有明显的螺纹线。

8）铸铁导轨面的硬度、硬度差和硬度检验方法应符合 JB/T 3997 等有关标准规定。

9）导轨面的淬火质量应符合有关标准的规定，感应淬火导轨的硬度宜不低于表 3-75 的要求。

表 3-75　感应淬火导轨的硬度最低值

导轨类型		硬度值
淬火铸铁滑动导轨	HT200	457HBW(48HRC)
	HT300	480HBW(50HRC)
淬火镶钢滑动导轨		55HRC
淬火镶钢滚动导轨		58HRC

10）静压导轨的加工精度应符合设计图样的规定。

11）涂层导轨的技术要求应符合 JB/T 3579 等标准的规定。

12）贴塑导轨粘接面应清洗干净，导轨面粘接应牢固，不应有气泡和空隙。贴塑导轨固化后应按有关规定进行加工，导轨板边缘应倒角、修圆。

（2）轴和轴套

1）轴一般应进行正火和调质处理，有耐磨要求的部位应淬火处理，其硬度一般应不低于 48HRC。

2）主轴的配合公差、几何公差应符合设计图样的规定。

3）主轴端部的主要连接尺寸和部位应符合有关标准和设计图样的规定。

4）经常拆卸附件和刀具的主轴端部的硬度应不低于 50HRC。

5）主轴的轴颈、定心孔和装夹附件（如：卡盘、铣刀）和刀盘的定心表面不应有明显的波纹。

6）与滚动轴承配合的主轴轴颈为保证旋转精度的要求，一般宜有高点标记。

7）与轴承配合的主轴轴颈的硬度，采用滑动轴承的不应低于 52HRC，滚动轴承的不应低于 48HRC，当主轴轴颈作为滚动轴承的滚道时，其硬度不应低于 60HRC。

8）主轴锥孔锥体的接触应符合 1.11）的要求，与刀柄配合的主轴锥孔的硬度不应低于 52HRC。定心孔对轴颈的精度应保证各类型机床精度检验标准的要求，并留有储备量。

9）机床主轴或顶尖套筒的主要技术要求应保证各类型机床精度检验标准的要求。

10）套筒应进行调质和淬火处理，硬度应符合有关标准和设计图样要求。

（3）箱体

1）箱体上的配合公差、几何公差应符合设计图样的规定。

2）箱体上主轴孔的精度应保证各类型机床精度检验标准的要求，并留有储备量。

3）箱体上滚动轴承孔的配合公差、几何公差应符合 GB/T 275 规定。

4）箱体上孔端面对孔轴线的垂直度，一般应按所选轴承的形式和精度等级的安装精度

要求确定。

5）箱体上安装电主轴的配合表面，其配合公差、几何公差应符合相关标准的规定。

6）渐开线圆柱齿轮传动箱体孔的中心距和轴线平行度允许偏差应按 GB/Z 18620.3 的要求规定。

（4）齿轮

1）渐开线圆柱齿轮的精度应符合 GB/T 10095.1、GB/T 10095.2 规定。

2）渐开线圆柱齿轮的齿面粗糙度应按 GB/Z 18620.4—2008 中 8.2 的推荐值选取。

3）与渐开线圆柱齿轮应用部位、圆周速度有关的齿面表面粗糙度 *Ra* 的最大允许值应按表 3-76 推荐值选取。

表 3-76　渐开线圆柱齿轮齿面表面粗糙度 *Ra* 的最大允许值

应用部位、圆周速度	齿轮精度等级	齿面表面粗糙度 *Ra* 的最大允许值/μm
1）高精度和精密的分度链末端齿轮 2）圆周速度 $v>30$m/s 的直齿轮 3）圆周速度 $v>50$m/s 的斜齿轮	4	0.32
1）一般精度的分度链末端齿轮 2）高精度和精密的分度链的中间齿轮 3）圆周速度 $v>15\sim30$m/s 的直齿轮 4）圆周速度 $v>30\sim50$m/s 的斜齿轮	5	0.63
1）Ⅴ级机床主传动的重要齿轮 2）一般精度的分度链的中间齿轮 3）Ⅲ级和Ⅲ以上精度等级机床的进给齿轮 4）油泵齿轮 5）圆周速度 $v>10\sim15$m/s 的直齿轮 6）圆周速度 $v>15\sim30$m/s 的斜齿轮	6	0.8
1）Ⅳ级和Ⅳ级以上精度等级机床的进给齿轮 2）圆周速度 $v>6\sim10$m/s 的直齿轮 3）圆周速度 $v>8\sim15$m/s 的斜齿轮	7	1.6

4）齿轮基准端面的跳动按齿轮精度等级和端面直径尺寸给定。

5）当其圆周速度超过表 3-77 所列数值时，宜进行齿形修缘。

表 3-77　渐开线圆柱齿轮进行齿形修缘的最小圆周速度

齿轮类型	齿轮精度等级	
	5 级及 5 级以上	6 级
	圆周速度/($m\cdot s^{-1}$)	
直齿圆柱齿轮	15	10
斜齿圆柱齿轮	30	15

6）传动系统中高速、重载和滑移齿轮的齿部应进行淬火、渗碳、表面氮化等处理，并应符合有关标准和设计图样的规定。

7）滑移齿轮的齿端应倒圆并淬火，齿轮基准孔矩形内花键应符合 GB/T 1144 规定。

8）锥齿轮的精度应符合 GB/T 11365 的规定。

9）齿条的精度应符合 GB/T 10096 的规定。

（5）蜗轮副

1）蜗轮副的精度应符合 GB/T 10089 的规定，并应满足各类型机床精度检验标准的

要求。

2）蜗轮副的精度等级和齿面表面粗糙度 *Ra* 的最大允许值宜按表 3-78 的推荐值选取。

表 3-78　蜗轮副的精度等级和齿面表面粗糙度 *Ra* 的最大允许值

应用部位	蜗轮副精度等级	齿面表面粗糙度 *Ra* 的最大允许值/μm	
		蜗杆	蜗轮
高精度滚齿机分度蜗轮副	2	0.05	0.40
磨齿机分度蜗轮副	3	0.10	0.40
一般齿轮机床分度蜗轮副	5	0.20	0.80
齿轮机床的进给系统	6	0.40	1.25
一般机床的进给系统	8	0.80	1.60

（6）梯形螺纹丝杠副

1）加工后的梯形螺纹丝杠及螺母的精度应符合 JB/T 2886 的规定。

2）丝杠精度等级的选择应保证各类机床精度标准的要求，无校正装置的一般应高一级。

3）丝杠应有一定的耐磨性，并在加工过程中进行适当次数消除内应力的时效处理。

（7）滚珠丝杠副

1）滚珠丝杠副的精度应符合 GB/T 17587.3 的规定。

2）机床传动链末端滚珠丝杠副精度等级的选择，应保证各类型机床精度检验标准的要求。

3. 其他件

1）分度、定位件的定位面应采取耐磨措施。

2）端齿盘应根据使用要求，按 JB/T 4316.2 选择精度等级。

3）有 T 型槽的加工件一般应符合 GB/T 158 的规定。

4）有刻度的加工件，其刻线应准确、间隔均匀，数字和标记清楚。数字应刻在线条的中心对称位置，如镀铬时，应为无光镀铬。

5）光学分划零件上的刻线线条的技术要求应符合 GB/T 11162 的有关规定。

第 4 章　极限与配合

4.1　尺寸极限（公差）与配合

4.1.1　术语、定义与标注

1. 尺寸要素

由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状。

2. 实际（组成）要素

由接近实际（组成）要素所限定的工件实际表面的组成要素部分。

3. 提取组成要素

按规定方法，由实际（组成）要素提取有限数目的点所形成的实际（组成）要素的近似替代。

4. 拟合组成要素

按规定方法，由提取组成要素形成的并具有理想形状的组成要素。

5. 轴和基准轴

轴（图 4-1a）是指工件的圆柱形外尺寸要素，也包括非圆柱形的外尺寸要素（由二平行平面或切面形成的被包容面）。轴的内部有材料，从装配关系上来看为被包容面。

基准轴是指在基轴制配合中选作基准的轴（在 GB/T 1800.1—2009 中是指上极限偏差为零的轴）。

6. 孔和基准孔

孔（图 4-1b）是指工件的圆柱形内尺寸要素，也包括非圆柱形的内尺寸要素（由二平行平面或切面形成的包容面）。孔的内部没有材料，从装配关系上来看为包容面。

基准孔是指在基孔制配合中选作基准的孔（在 GB/T 1800.1—2009 中是指下极限偏差为零的孔）。

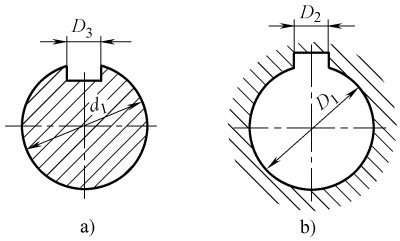


图 4-1　孔轴示意图

7. 尺寸

（1）公称尺寸

公称尺寸（见图 4-2）是由图样规范确定的理想形状要素的尺寸（既可以是整数也可以是小数）。孔、轴的公称尺寸分别用字母“D”“d”表示。

（2）极限尺寸

极限尺寸（见图 4-2）是尺寸要素允许的尺寸的两个极端。提取组成要素的局部尺寸应位于其中，也可达到极限尺寸。

1）上极限尺寸

尺寸要素允许的最大尺寸。

2）下极限尺寸

尺寸要素允许的最小尺寸。

孔、轴的极限尺寸代号分别为 D_{max}、D_{min}、d_{max} 和 d_{min}。

（3）提取组成要素的局部尺寸

一切提取组成要素上两对应点之间的距离统称为提取组成要素的局部尺寸。

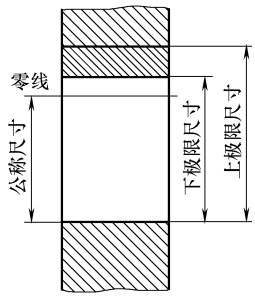


图 4-2　公称尺寸、上极限尺寸和下极限尺寸

1）提取圆柱面的局部尺寸

要素上两对应点之间的距离，其中两对应点之间的连线通过拟合圆的圆心；横截面垂直于由提取表面得到的拟合圆柱面的轴线。

2）两平行提取表面的局部尺寸

两平行对应提取表面上两对应点之间的距离。其中：所有对应点的连线均垂直于拟合中心平面；拟合中心平面是由两平行提取表面得到的两拟合平行平面的中心平面（两拟合平行平面之间的距离可能与公称距离不同）。

8. 极限制

经标准化的公差和偏差制度。

9. 零线

在极限与配合图解中，表示公称尺寸的一条直线，以其为基准确定偏差和公差。通常，零线沿水平方向绘制，正偏差位于其上，负偏差位于其下。

10. 偏差

某一尺寸减去公称尺寸所得的代数差。

（1）极限偏差

极限偏差（见图 4-3）包括上极限偏差和下极限偏差。轴的上、下极限偏差代号用小写字母 es、ei 表示；孔的上、下极限偏差代号用大写字母 ES、EI 表示。

1）上极限偏差（ES，es）

上极限尺寸减去公称尺寸所得的代数差。

2）下极限偏差（EI，ei）

下极限尺寸减去公称尺寸所得的代数差。

上、下偏差与极限尺寸和公称尺寸的关系如下：

$$ES = D_{max} - D \qquad EI = D_{min} - D$$

$$es = d_{max} - d \qquad ei = d_{min} - d$$

（2）基本偏差

在 GB/T 1800.1—2009 极限与配合中，确定公差带相对零线位置的那个极限偏差。它可以是上极限偏差或下极限偏差，一般为靠近零线的那个偏差。

11. 尺寸公差（简称公差）

上极限尺寸减去下极限尺寸之差，或上极限偏差减去下极限偏差之差。它是允许尺寸的变动量。它是一个没有符号的绝对值。孔、轴的公差分别用“T_D”“T_d”表示，公差与上、下偏差和极限尺寸的关系如下：

$$T_D = D_{max} - D_{min} = |ES - EI|$$

$$T_d = d_{max} - d_{min} = |es - ei|$$

（1）标准公差（IT）

在 GB/T 1800.1—2009 标准极限与配合制中所规定的任一公差。（IT 为国际公差的缩写）

（2）标准公差等级

在 GB/T 1800.1—2009 标准极限与配合制中，同一公差等级对所有公称尺寸的一组公差被认为具有同等精度。

（3）公差带

在图 4-3 中，由代表上极限偏差和下极限偏差或上极限尺寸和下极限尺寸的两条直线所限定的一个区域，它是由公差大小和其相对零线的位置来确定。

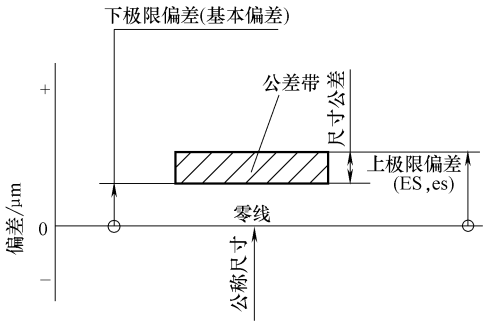


图 4-3　公差带

（4）标准公差因子

用以确定标准公差的基本单位，该因子是公称尺寸的函数。标准公称因子 i 用于公称尺寸不大于 500mm 的情况，标准公称因子 I 用于公称尺寸大于 500mm 的情况。

12. 间隙

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为正（图 4-4）。

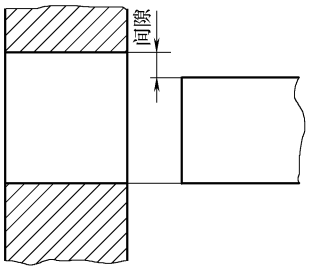


图 4-4　间隙

（1）最小间隙

在间隙配合中，孔的下极限尺寸与轴的上极限尺寸之差，如图 4-5 所示。

（2）最大间隙

在间隙配合或过渡配合中，孔的上极限尺寸与轴的下极限尺寸之差，如图 4-5、图 4-6 所示。

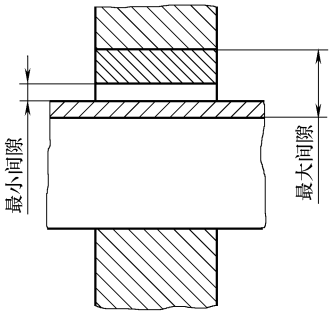


图 4-5　间隙配合

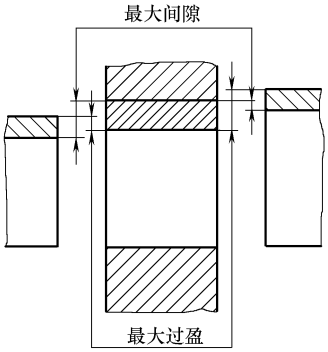


图 4-6　过渡配合

13. 过盈

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为负，如图 4-7 所示。

（1）最小过盈

在过盈配合中，孔的上极限尺寸与轴的下极限尺寸之差，如图 4-8 所示。

（2）最大过盈

在过盈配合或过渡配合中，孔的下极限尺寸与轴的上极限尺寸之差，如图 4-6、图 4-8 所示。

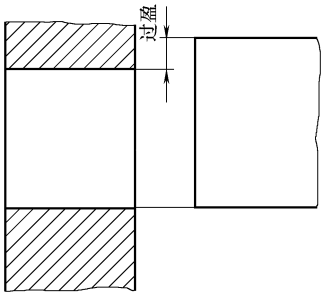


图 4-7　过盈

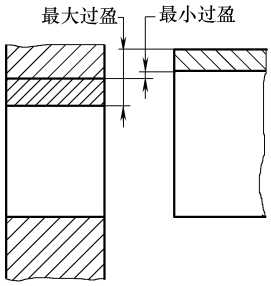


图 4-8　过盈配合

14. 配合

公称尺寸相同的并且相互组合的孔和轴公差带之间的关系。

（1）间隙配合

具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之上，如图 4-9 所示。

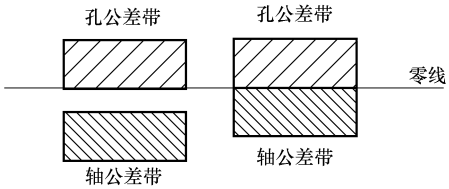


图 4-9　间隙配合

（2）过盈配合

具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之下，如图 4-10 所示。

（3）过渡配合

可能具有过盈或间隙的配合。此时，孔的公差带与轴的公差带相互交叠，如图 4-11 所示。

（4）配合公差

组成配合的孔与轴的公差之和。它是允许间隙或过盈的变动量。它是一个没有符号的绝对值。

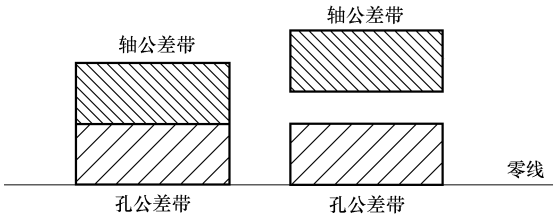


图 4-10　过盈配合的示意图

15. 配合制

同一极限制的孔和轴组成的一种配合制度。

（1）基轴制配合

基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成的各种配合的一种制度。对于 GB/T 1800. 1—2009 极限与配合制，是轴的上极限尺寸与公称尺寸相等、轴的上极限偏差为零的一种配合制，如图 4-12 所示。

（2）基孔制配合

基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成的各种配合的一种制

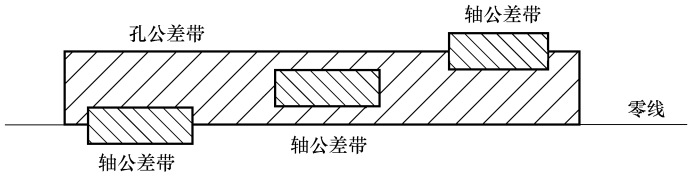


图 4-11　过渡配合的示意图

度。对于 GB/T 1800. 1—2009 极限与配合制，是孔的下极限尺寸与公称尺寸相等、孔的下极限偏差为零的一种配合制，如图 4-13 所示。

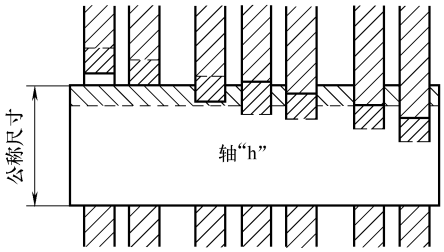


图 4-12　基轴制配合

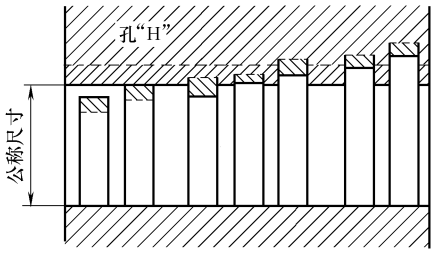


图 4-13　基孔制配合

4. 1. 2　公差、偏差和配合的基本规定

1. 公差、偏差和配合的代号

（1）标准公差等级代号

标准公差等级代号用符号 IT 和数字组成，例如：IT7。当其与代表基本偏差的字母一起组成公差带时，省略 IT 字母，如 h7。

标准公差等级分 20 级，IT01、IT0、IT1、IT2、……、IT18，公差等级逐渐降低，按此顺序逐渐增大。

（2）偏差代号

1）基本偏差代号（图 4-14）

基本偏差代号，对孔用大写字母 A、……、ZC 表示，对轴用小写字母 a、……、zc 表示，在 26 个字母中将容易混淆的 5 个字母“I（i）、L（l）、O（0）、Q（q）、W（w）”去掉，同时增加 7 个双写字母“CD（cd）、EF（ef）、FG（fg）、JS（js）、ZA（za）、ZB（zb）、ZC（zc）”。其中，基本偏差 H 代表基准孔，h 代表基准轴。

2）上极限偏差代号

上极限偏差代号，对孔用大写字母“ES”表示，对轴用小写字母“es”表示。

3）下极限偏差代号

下极限偏差代号，对孔用大写字母“EI”表示，对轴用小写字母“ei”表示。

2. 公差、偏差和配合的表示

（1）公差带的表示（图 4-15）

公差带用基本偏差字母和公差等级数字表示。

（2）注公差尺寸的表示

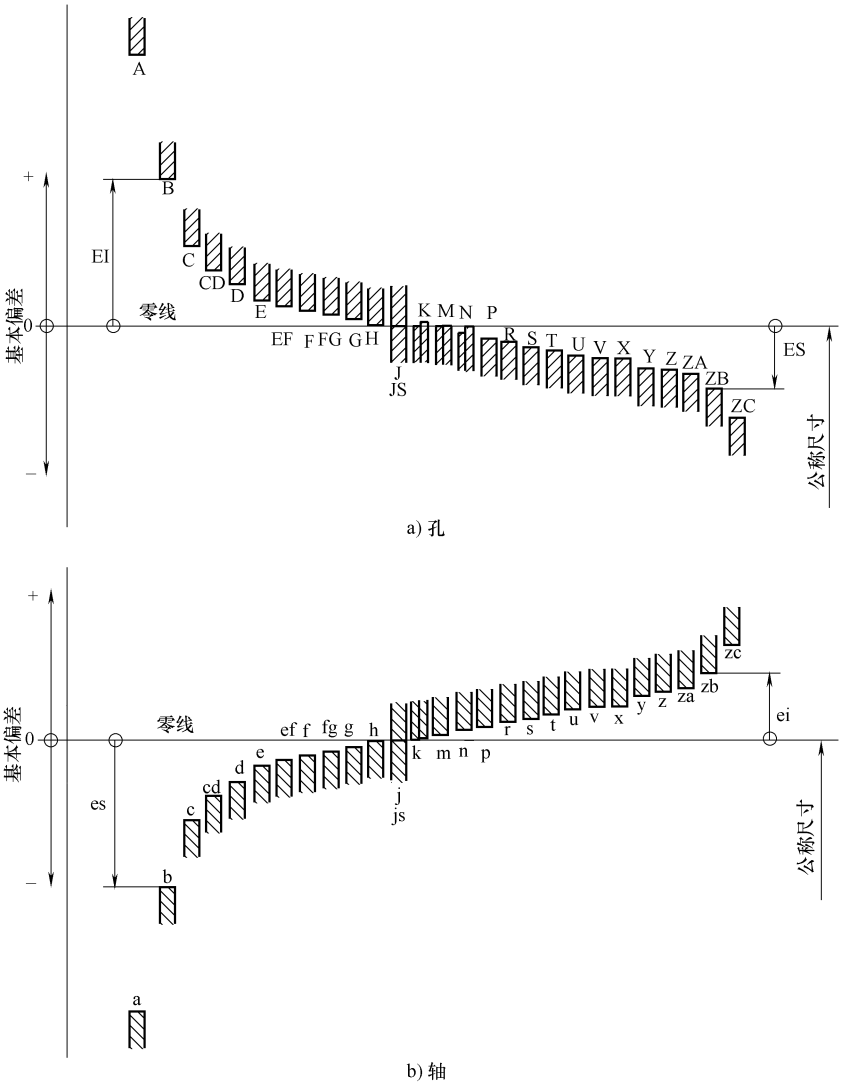


图 4-14　基本偏差系列示意图

注公差的尺寸用公称尺寸后跟所要求的公差带或（和）对应的偏差值表示。例如：32H7、80js15、$100^{-0.012}_{-0.034}$、100g6（$^{-0.012}_{-0.034}$）

（3）配合的表示

配合用相同的公称尺寸后跟孔、轴公差带表示。孔、轴公差带写成分数形式，分子为孔公差带，分母为轴公差带。例如：52H7/g6、$52\frac{H7}{g6}$。

4.1.3　标准公差和基本偏差

1. 标准公差

基本尺寸至 3150mm 的标准公差等级 IT1 至 IT18 的公差值见表 4-1。基本尺寸至 500mm

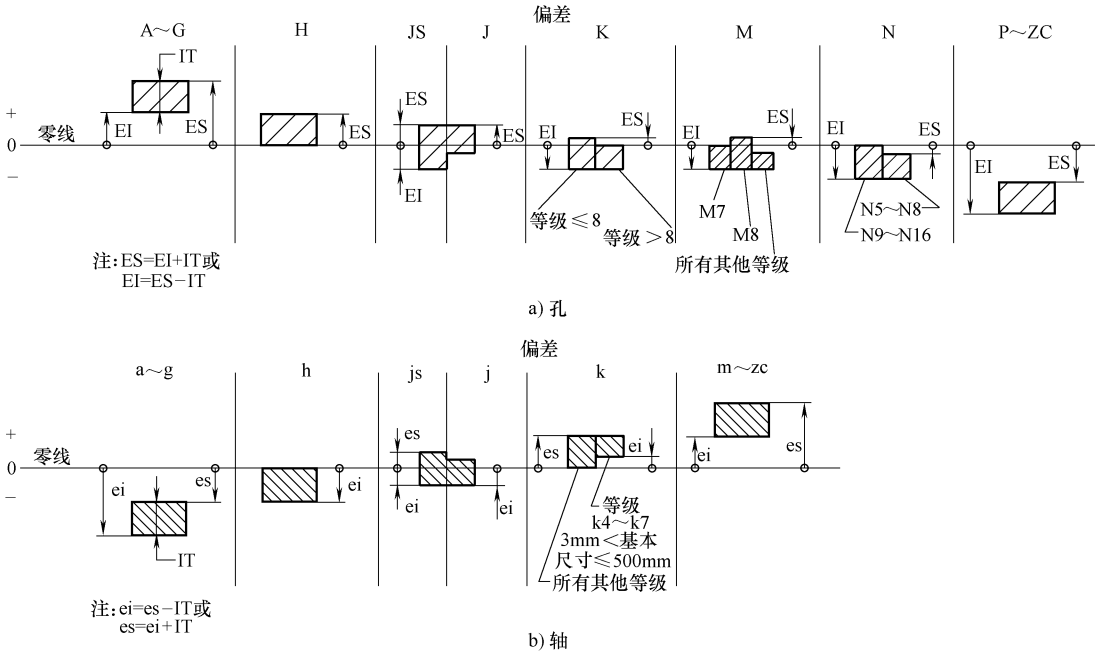


图 4-15　孔和轴的配合

标准公差等级 IT01 和 IT0 的公差值见表 4-2。

表 4-1　公称尺寸至 3150mm 的标准公差等级 IT1 至 IT18 及其公差值

（摘自 GB/T 1800.2—2009）

公称尺寸/mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm											mm						
—	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

注：1. 公称尺寸大于 50mm 的 IT1～IT5 的标准公差数值为试行。

2. 公称尺寸小于或等于 1mm 时，无 IT14～IT18。

表 4-2　公称尺寸至 500mm 的标准公差 IT01 和 IT0 及其数值

（摘自 GB/T 1800.1—2009）

公称尺寸/mm		标准公差等级		公称尺寸/mm		标准公差等级	
		IT01	IT0			IT01	IT0
大于	至	公差/μm		大于	至	公差/μm	
—	3	0.3	0.5	80	120	1	1.5
3	6	0.4	0.6	120	180	1.2	2
6	10	0.4	0.6	180	250	2	3
10	18	0.5	0.8	250	315	2.5	4
18	30	0.6	1	315	400	3	5
30	50	0.6	1	400	500	4	6
50	80	0.8	1.2				

基本尺寸 3150～10000mm 的标准公差等级 IT6 和 IT8 及其公差值见表 4-3。

表 4-3　公称尺寸 3150～10000mm 的标准公差等级 IT6 至 IT8 及其公差值

公称尺寸/mm		公差等级												
		IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm						mm						
3150	4000	165	260	410	660	1050	1650	2.60	4.10	6.6	10.5	16.5	26.0	41.0
4000	5000	200	320	500	800	1300	2000	3.20	5.00	8.0	13.0	20.0	32.0	50.0
5000	6300	250	400	620	980	1550	2500	4.00	6.20	9.8	15.5	25.0	40.0	62.0
6300	8000	310	490	760	1200	1950	3100	4.90	7.60	12.0	19.5	31.0	49.0	76.0
8000	10000	380	600	940	1500	2400	3800	6.00	9.40	15.0	24.0	38.0	60.0	94.0

2. 轴的基本偏差

轴的基本偏差 a～h 和 k～zc 及其“+”或“-”如图 4-16 所示。轴的基本偏差数值规定见表 4-4。

轴的另一偏差，下极限偏差（ei）和上极限偏差（es）可由轴的基本偏差和标准公差（IT）求得。

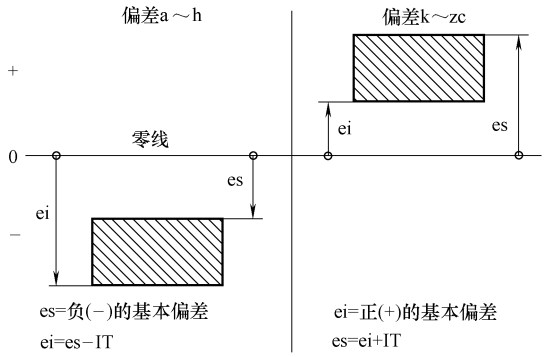


图 4-16　轴的偏差

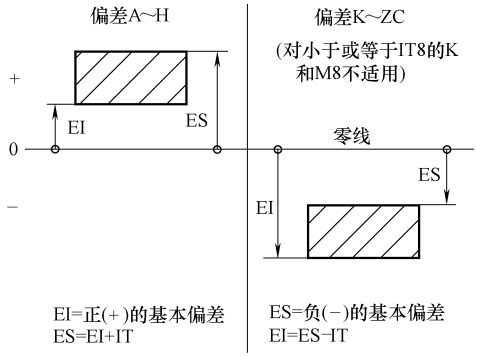


图 4-17　孔的偏差

3. 孔的基本偏差

孔的基本偏差 A～H 和 K～ZC 及其“+”或“-”如图 4-17 所示。孔的基本偏差数值规定见表 4-5。

孔的另一偏差，下极限偏差（EI）和上极限偏差（ES）可由孔的基本偏差和标准公差（IT）求得。

表 4-4　轴的基本偏差数值

公称尺寸/mm		基本偏差数值(上极限偏差 es)															
大于	至	所有标准公差等级												IT5 和 IT6	IT7	IT8	IT4 ~ IT7
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k
—	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	偏差 $=\pm\frac{IT_n}{2}$ 式中 IT_n 为 IT 值数	-2	-4	-6	0
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4		+1
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5		+1
10	14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6		+1
14	18																
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8		+2
24	30																
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10		+2
40	50	-320	-180	-130													
50	65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12		+2
65	80	-360	-200	-150													
80	100	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0		-9	-5		+3
100	120	-410	-240	-180													
120	140	-460	-260	-200		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18		+3
140	150	-520	-280	-210													
160	180	-580	-310	-230													
180	200	-660	-340	-240		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21		+4
200	225	-740	-380	-260													
225	250	-820	-420	-280													
250	280	-920	-480	-300		-190	-110		-56		-17	0		-16	-26		+4
280	315	-1050	-540	-330													
315	355	-1200	-600	-360		-210	-125		-62		-18	0		-18	-28		+4
355	400	-1350	-680	-400													
400	450	-1500	-760	-440		-230	-135		-68		-20	0		-20	-32		+5
450	500	-1650	-840	-480													
500	560					-260	-145		-76		-22	0					0
560	630																
630	710					-290	-160		-80		-24	0					0
710	800																
800	900					-320	-170		-86		-26	0					0
900	1000																
1000	1120					-350	-195		-98		-28	0					0
1120	1250																
1250	1400					-390	-220		-110		-30	0					0
1400	1600																
1600	1800					-430	-240		-120		-32	0					0
1800	2000																
2000	2240					-480	-260		-130		-34	0					0
2240	2500																
2500	2800					-520	-290		-145		-38	0					0
2800	3150																

注：公称尺寸小于或等于 1mm 时，基本偏差 a 和 b 均不采用，公差带 js7 ~ js11，若 IT_n 值数是奇数，则取偏差 $=\pm\frac{IT_n-1}{2}$。

（摘自 GB/T 1800.1—2009）　　（μm）

基本偏差数值（下极限偏差 ei）

≤IT3 >IT7	所有标准公差等级													
k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60
0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80
0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97
0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130
								+39	+45		+60	+77	+108	+150
0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
						+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
						+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
				+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
				+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
				+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600
0	+26	+44	+78	+150	+280	+400	+600							
				+155	+310	+450	+660							
0	+30	+50	+88	+175	+340	+500	+740							
				+185	+380	+560	+840							
0	+34	+56	+100	+210	+430	+620	+940							
				+220	+470	+680	+1050							
0	+40	+66	+120	+250	+520	+780	+1150							
				+260	+580	+840	+1300							
0	+48	+78	+140	+300	+640	+960	+1450							
				+330	+720	+1050	+1600							
0	+58	+92	+170	+370	+820	+1200	+1850							
				+400	+920	+1350	+2000							
0	+68	+110	+195	+440	+1000	+1500	+2300							
				+460	+1100	+1650	+2500							
0	+76	+135	+240	+550	+1250	+1900	+2900							
				+580	+1400	+2100	+3200							

表 4-5 孔的基本偏差数值

公称尺寸/mm		基本偏差																				
		下极限偏差 EI												上极								
大于	至	所有标准公差等级												IT6	IT7	IT8	≤IT8	>IT8	≤IT8	>IT8	≤IT8	>IT8
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J			K		M		N	
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	偏差 $=\pm\frac{IT_n}{2}$，式中 IT_n 为 IT 值数	+2	+4	+6	0	0	−2	−2	−4	−4
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	−1+Δ		−4+Δ	−4	−8+Δ	0
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	−1+Δ		−6+Δ	−6	−10+Δ	0
10	14	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0		+6	+10	+15	−1+Δ		−7+Δ	−7	−12+Δ	0
14	18																					
18	24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0		+8	+12	+20	−2+Δ		−8+Δ	−8	−15+Δ	0
24	30																					
30	40	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9	0		+10	+14	+24	−2+Δ		−9+Δ	−9	−17+Δ	0
40	50	+320	+180	+130																		
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0		+13	+18	+28	−2+Δ		−11+Δ	−11	−20+Δ	0
65	80	+360	+200	+150																		
80	100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0		+16	+22	+34	−3+Δ		−13+Δ	−13	−23+Δ	0
100	120	+410	+240	+180																		
120	140	+460	+260	+200		+145	+85		+43		+14	0		+18	+26	+41	−3+Δ		−15+Δ	−15	−27+Δ	0
140	160	+520	+280	+210																		
160	180	+580	+310	+230																		
180	200	+660	+340	+240		+170	+100		+50		+15	0		+22	+30	+47	−4+Δ		−17+Δ	−17	−31+Δ	0
200	225	+740	+380	+260																		
225	250	+820	+420	+280																		
250	280	+920	+480	+300		+190	+110		+56		+17	0		+25	+36	+55	−4+Δ		−20+Δ	−20	−34+Δ	0
280	315	+1050	+540	+330																		
315	355	+1200	+600	+360		+210	+125		+62		+18	0		+29	+39	+60	−4+Δ		−21+Δ	−21	−37+Δ	0
355	400	+1350	+680	+400																		
400	450	+1500	+760	+440		+230	+135		+68		+20	0		+33	+43	+66	−5+Δ		−23+Δ	−23	−40+Δ	0
450	500	+1650	+840	+480																		
500	560					+260	+145		+76		+22	0					0		−26		−44	
560	630																					
630	710					+290	+160		+80		+24	0					0		−30		−50	
710	800																					
800	900					+320	+170		+86		+26	0					0		−34		−56	
900	1000																					
1000	1120					+350	+195		+98		+28	0					0		−40		−66	
1120	1250																					
1250	1400					+390	+220		+110		+30	0					0		−48		−78	
1400	1600																					
1600	1800					+430	+240		+120		+32	0					0		−58		−92	
1800	2000																					
2000	2240					+480	+260		+130		+34	0					0		−68		−110	
2240	2500																					
2500	2800					+520	+290		+145		+38	0					0		−76		−135	
2800	3150																					

注：1. 公称尺寸小于或等于 1mm 时，基本偏差 A 和 B 及大于 IT8 的 N 均不采用。公差带 JS7 至 JS11，若 IT_n 值数是奇

2. 对小于或等于 IT8 的 K、M、N 和小于或等于 IT7 的 P 至 ZC，所需 Δ 值从表内右侧选取。例如：18～30mm 段的特殊情况：250～315mm 段的 M6，ES = −9μm（代替 −11μm）。

（摘自 GB/T 1800.1—2009）　　（μm）

数　值													Δ/μm					
限偏差 ES																		
≤IT7	标准公差等级大于 IT7												标准公差等级					
P 至 ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
在大于 IT7 的相应数值上增加一个 Δ 值	-6	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0
	-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	3	4	6
	-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7
	-18	-23	-28		-33		-40		-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9
						-39	-45		-60	-77	-108	-150						
	-22	-28	-35		-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1.5	2	3	4	8	12
				-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218						
	-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1.5	3	4	5	9	14
				-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325						
	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16
		-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480						
	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19
		-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690						
	-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23
		-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900						
		-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000						
	-50	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	3	4	6	9	17	26
		-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250						
		-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350						
	-56	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29
		-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700						
	-62	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32
		-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100						
	-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34
		-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600						
	-78	-150	-280	-400	-600													
		-155	-310	-450	-660													
	-88	-175	-340	-500	-740													
		-185	-380	-560	-840													
	-100	-210	-430	-620	-940													
		-220	-470	-680	-1050													
	-120	-250	-520	-780	-1150													
		-260	-580	-840	-1300													
	-140	-300	-640	-960	-1450													
		-330	-720	-1050	-1600													
	-170	-370	-820	-1200	-1850													
		-400	-920	-1350	-2000													
	-195	-440	-1000	-1500	-2300													
		-460	-1100	-1650	-2500													
	-240	-550	-1250	-1900	-2900													
		-580	-1400	-2100	-3200													

数，则取偏差 $= \pm \frac{IT_n - 1}{2}$。

K7，$\Delta = 8\mu m$，所以 ES = (-2 +8) μm = +6μm；18 ~ 30mm 段的 S6，$\Delta = 4\mu m$，所以 ES = (-35 +4) μm = -31μm。

4.1.4　孔、轴的极限偏差

1. 孔的极限偏差数值（见表 4-6 ~ 表 4-20）

表 4-6　孔 A、B、C 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		A					B						C					
大于	至	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13
—	3	+295 +270	+310 +270	+330 +270	+370 +270	+410 +270	+154 +140	+165 +140	+180 +140	+200 +140	+240 +140	+280 +140	+74 +60	+85 +60	+100 +60	+120 +60	+160 +60	+200 +60
3	6	+300 +270	+318 +270	+345 +270	+390 +270	+450 +270	+158 +140	+170 +140	+188 +140	+215 +140	+260 +140	+320 +140	+88 +70	+100 +70	+118 +70	+145 +70	+190 +70	+250 +70
6	10	+316 +280	+338 +280	+370 +280	+430 +280	+500 +280	+172 +150	+186 +150	+208 +150	+240 +150	+300 +150	+370 +150	+102 +80	+116 +80	+138 +80	+170 +80	+230 +80	+300 +80
10	18	+333 +290	+360 +290	+400 +290	+470 +290	+560 +290	+177 +150	+193 +150	+220 +150	+260 +150	+330 +150	+420 +150	+122 +95	+138 +95	+165 +95	+205 +95	+275 +95	+365 +95
18	30	+352 +300	+384 +300	+430 +300	+510 +300	+630 +300	+193 +160	+212 +160	+244 +160	+290 +160	+370 +160	+490 +160	+143 +110	+162 +110	+194 +110	+240 +110	+320 +110	+440 +110
30	40	+372 +310	+410 +310	+470 +310	+560 +310	+700 +310	+209 +170	+232 +170	+270 +170	+330 +170	+420 +170	+560 +170	+159 +120	+182 +120	+220 +120	+280 +120	+370 +120	+510 +120
40	50	+382 +320	+420 +320	+480 +320	+570 +320	+710 +320	+219 +180	+242 +180	+280 +180	+340 +180	+430 +180	+570 +180	+169 +130	+192 +130	+230 +130	+290 +130	+380 +130	+520 +130
50	65	+414 +340	+460 +340	+530 +340	+640 +340	+800 +340	+236 +190	+264 +190	+310 +190	+380 +190	+490 +190	+650 +190	+186 +140	+214 +140	+260 +140	+330 +140	+440 +140	+600 +140
65	80	+434 +360	+480 +360	+550 +360	+660 +360	+820 +360	+246 +200	+274 +200	+320 +200	+390 +200	+500 +200	+660 +200	+196 +150	+224 +150	+270 +150	+340 +150	+450 +150	+610 +150
80	100	+467 +380	+520 +380	+600 +380	+730 +380	+920 +380	+274 +220	+307 +220	+360 +220	+440 +220	+570 +220	+760 +220	+224 +170	+257 +170	+310 +170	+390 +170	+520 +170	+710 +170
100	120	+497 +410	+550 +410	+630 +410	+760 +410	+950 +410	+294 +240	+327 +240	+380 +240	+460 +240	+590 +240	+780 +240	+234 +180	+267 +180	+320 +180	+400 +180	+530 +180	+720 +180
120	140	+560 +460	+620 +460	+710 +460	+860 +460	+1090 +460	+323 +260	+360 +260	+420 +260	+510 +260	+660 +260	+890 +260	+263 +200	+300 +200	+360 +200	+450 +200	+600 +200	+830 +200
140	160	+620 +520	+680 +520	+770 +520	+920 +520	+1150 +520	+343 +280	+380 +280	+440 +280	+530 +280	+680 +280	+910 +280	+273 +210	+310 +210	+370 +210	+460 +210	+610 +210	+840 +210
160	180	+680 +580	+740 +580	+830 +580	+980 +580	+1210 +580	+373 +310	+410 +310	+470 +310	+560 +310	+710 +310	+940 +310	+293 +230	+330 +230	+390 +230	+480 +230	+630 +230	+860 +230
180	200	+775 +660	+845 +660	+950 +660	+1120 +660	+1380 +660	+412 +340	+455 +340	+525 +340	+630 +340	+800 +340	+1060 +340	+312 +240	+355 +240	+425 +240	+530 +240	+700 +240	+960 +240
200	225	+855 +740	+925 +740	+1030 +740	+1200 +740	+1460 +740	+452 +380	+495 +380	+565 +380	+670 +380	+840 +380	+1100 +380	+332 +260	+375 +260	+445 +260	+550 +260	+720 +260	+980 +260
225	250	+935 +820	+1005 +820	+1110 +820	+1280 +820	+1540 +820	+492 +420	+535 +420	+605 +420	+710 +420	+880 +420	+1140 +420	+352 +280	+395 +280	+465 +280	+570 +280	+740 +280	+1000 +280
250	280	+1050 +920	+1130 +920	+1240 +920	+1440 +920	+1730 +920	+561 +480	+610 +480	+690 +480	+800 +480	+1000 +480	+1290 +480	+381 +300	+430 +300	+510 +300	+620 +300	+820 +300	+1110 +300
280	315	+1180 +1050	+1260 +1050	+1370 +1050	+1570 +1050	+1860 +1050	+621 +540	+670 +540	+750 +540	+860 +540	+1060 +540	+1350 +540	+411 +330	+460 +330	+540 +330	+650 +330	+850 +330	+1140 +330
315	355	+1340 +1200	+1430 +1200	+1560 +1200	+1770 +1200	+2000 +1200	+689 +600	+740 +600	+830 +600	+960 +600	+1170 +600	+1490 +600	+449 +360	+500 +360	+590 +360	+720 +360	+930 +360	+1250 +360
355	400	+1490 +1350	+1580 +1350	+1710 +1350	+1920 +1350	+2240 +1350	+769 +680	+820 +680	+910 +680	+1040 +680	+1250 +680	+1570 +680	+489 +400	+540 +400	+630 +400	+760 +400	+970 +400	+1290 +400
400	450	+1655 +1500	+1750 +1500	+1900 +1500	+2130 +1500	+2470 +1500	+857 +760	+915 +760	+1010 +760	+1160 +760	+1390 +760	+1730 +760	+537 +440	+595 +440	+690 +440	+840 +440	+1070 +440	+1410 +440
450	500	+1805 +1650	+1900 +1650	+2050 +1650	+2280 +1650	+2620 +1650	+937 +840	+995 +840	+1090 +840	+1240 +840	+1470 +840	+1810 +840	+577 +480	+635 +480	+730 +480	+880 +480	+1110 +480	+1450 +480

注：公称尺寸小于 1mm 时，各级的 A 和 B 均不采用。

表 4-7　孔 CD、D、E 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		CD					D								E					
大于	至	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10
—	3	+40 +34	+44 +34	+48 +34	+59 +34	+74 +34	+26 +20	+30 +20	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+80 +20	+120 +20	+160 +20	+18 +14	+20 +14	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+54 +14
3	6	+54 +46	+58 +46	+64 +46	+76 +46	+94 +46	+38 +30	+42 +30	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+105 +30	+150 +30	+210 +30	+25 +20	+28 +20	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+68 +20
6	10	+65 +56	+71 +56	+78 +56	+92 +56	+114 +56	+49 +40	+55 +40	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+130 +40	+190 +40	+260 +40	+31 +25	+34 +25	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+83 +25
10	18						+61 +50	+68 +50	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+160 +50	+230 +50	+320 +50	+40 +32	+43 +32	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+102 +32
18	30						+78 +65	+86 +65	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+195 +65	+275 +65	+395 +65	+49 +40	+53 +40	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+124 +40
30	50						+96 +80	+105 +80	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+240 +80	+330 +80	+470 +80	+61 +50	+66 +50	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+150 +50
50	80						+119 +100	+130 +100	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+290 +100	+400 +100	+560 +100	+73 +60	+79 +60	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+180 +60
80	120						+142 +120	+155 +120	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+340 +120	+470 +120	+660 +120	+87 +72	+94 +72	+107 +72	+125 +72	+159 +72	+212 +72
120	180						+170 +145	+185 +145	+208 +145	+245 +145	+305 +145	+395 +145	+545 +145	+775 +145	+103 +85	+110 +85	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+245 +85
180	250						+199 +170	+216 +170	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+460 +170	+630 +170	+890 +170	+120 +100	+129 +100	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+285 +100
250	315						+222 +190	+242 +190	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+510 +190	+710 +190	+1000 +190	+133 +110	+142 +110	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+320 +110
315	400						+246 +210	+267 +210	+299 +210	+350 +210	+440 +210	+570 +210	+780 +210	+1100 +210	+150 +125	+161 +125	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+355 +125
400	500						+270 +230	+293 +230	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+630 +230	+860 +230	+1200 +230	+162 +135	+175 +135	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+385 +135
500	630						+304 +260	+330 +260	+370 +260	+435 +260	+540 +260	+700 +260	+960 +260	+1360 +260		+189 +145	+215 +145	+255 +145	+320 +145	+425 +145
630	800						+340 +290	+370 +290	+415 +290	+490 +290	+610 +290	+790 +290	+1090 +290	+1540 +290		+210 +160	+240 +160	+285 +160	+360 +160	+480 +160
800	1000						+376 +320	+410 +320	+460 +320	+550 +320	+680 +320	+880 +320	+1220 +320	+1720 +320		+226 +170	+260 +170	+310 +170	+400 +170	+530 +170
1000	1250						+416 +350	+455 +350	+515 +350	+610 +350	+770 +350	+1010 +350	+1400 +350	+2000 +350		+261 +195	+300 +195	+360 +195	+455 +195	+615 +195
1250	1600						+468 +390	+515 +390	+585 +390	+700 +390	+890 +390	+1170 +390	+1640 +390	+2340 +390		+298 +220	+345 +220	+415 +220	+530 +220	+720 +220
1600	2000						+522 +430	+580 +430	+660 +430	+800 +430	+1030 +430	+1350 +430	+1930 +430	+2730 +430		+332 +240	+390 +240	+470 +240	+610 +240	+840 +240
2000	2500						+590 +480	+655 +480	+760 +480	+920 +480	+1180 +480	+1580 +480	+2230 +480	+3280 +480		+370 +260	+435 +260	+540 +260	+700 +260	+960 +260
2500	3150						+655 +520	+730 +520	+850 +520	+1060 +520	+1380 +520	+1870 +520	+2620 +520	+3820 +520		+425 +290	+500 +290	+620 +290	+830 +290	+1150 +290

注：各级的 CD 主要用于精密机械和钟表制造业。

表 4-8　孔 EF、F 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		EF								F							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	+12 +10	+13 +10	+14 +10	+16 +10	+20 +10	+24 +10	+35 +10	+50 +10	+8 +6	+9 +6	+10 +6	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+31 +6	+46 +6
3	6	+16.5 +14	+18 +14	+19 +14	+22 +14	+26 +14	+32 +14	+44 +14	+62 +14	+12.5 +10	+14 +10	+15 +10	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+40 +10	+58 +10
6	10	+20.5 +18	+22 +18	+24 +18	+27 +18	+33 +18	+40 +18	+54 +18	+76 +18	+15.5 +13	+17 +13	+19 +13	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+49 +13	+71 +13
10	18									+19 +16	+21 +16	+24 +16	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+59 +16	+86 +16
18	30									+24 +20	+26 +20	+29 +20	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+72 +20	+104 +20
30	50									+29 +25	+32 +25	+36 +25	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+87 +25	+125 +25
50	80											+43 +30	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+104 +30	
80	120											+51 +36	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+123 +36	
120	180											+61 +43	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+143 +43	
180	250											+70 +50	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+165 +50	
250	315											+79 +56	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+186 +56	
315	400											+87 +62	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+202 +62	
400	500											+95 +68	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+223 +68	
500	630												+120 +76	+146 +76	+186 +76	+251 +76	
630	800												+130 +80	+160 +80	+205 +80	+280 +80	
800	1000												+142 +86	+176 +86	+226 +86	+316 +86	
1000	1250												+164 +98	+203 +98	+263 +98	+358 +98	
1250	1600												+188 +110	+235 +110	+305 +110	+420 +110	
1600	2000												+212 +120	+270 +120	+350 +120	+490 +120	
2000	2500												+240 +130	+305 +130	+410 +130	+570 +130	
2500	3150												+280 +145	+355 +145	+475 +145	+685 +145	

注：各级的 EF 主要用于精密机械和钟表制造业。

表 4-9　孔 FG、G 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		FG								G							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	+6 +4	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 +4	+18 +4	+29 +4	+44 +4	+4 +2	+5 +2	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2	+27 +2	+42 +2
3	6	+8.5 +6	+10 +6	+11 +6	+14 +6	+18 +6	+24 +6	+36 +6	+54 +6	+6.5 +4	+8 +4	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4	+34 +4	+52 +4
6	10	+10.5 +8	+12 +8	+14 +8	+17 +8	+23 +8	+30 +8	+44 +8	+66 +8	+7.5 +5	+9 +5	+11 +5	+14 +5	+20 +5	+27 +5	+41 +5	+63 +5
10	18									+9 +6	+11 +6	+14 +6	+17 +6	+24 +6	+33 +6	+49 +6	+76 +6
18	30									+11 +7	+13 +7	+16 +7	+20 +7	+28 +7	+40 +7	+59 +7	+91 +7
30	50									+13 +9	+16 +9	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9	+71 +9	+109 +9
50	80											+23 +10	+29 +10	+40 +10	+56 +10		
80	120											+27 +12	+34 +12	+47 +12	+66 +12		
120	180											+32 +14	+39 +14	+54 +14	+77 +14		
180	250											+35 +15	+44 +15	+61 +15	+87 +15		
250	315											+40 +17	+49 +17	+69 +17	+98 +17		
315	400											+43 +18	+54 +18	+75 +18	+107 +18		
400	500											+47 +20	+60 +20	+83 +20	+117 +20		
500	630												+66 +22	+92 +22	+132 +22		
630	800												+74 +24	+104 +24	+149 +24		
800	1000												+82 +26	+116 +26	+166 +26		
1000	1250												+94 +28	+133 +28	+193 +28		
1250	1600												+108 +30	+155 +30	+225 +30		
1600	2000												+124 +32	+182 +32	+262 +32		
2000	2500												+144 +34	+209 +34	+314 +34		
2500	3150												+173 +38	+248 +38	+368 +38		

注：各级的 FG 主要用于精密机械和钟表制造业。

表 4-10　孔 H 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）

公称尺寸/mm		H																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
大于	至	μm											mm						
—	3	+0.8 0	+1.2 0	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+0.1 0	+0.14 0	+0.25 0	+0.4 0	+0.6 0		
3	6	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+0.12 0	+0.18 0	+0.3 0	+0.48 0	+0.75 0	+1.2 0	+1.8 0
6	10	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+0.15 0	+0.22 0	+0.36 0	+0.58 0	+0.9 0	+1.5 0	+2.2 0
10	18	+1.2 0	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+0.18 0	+0.27 0	+0.43 0	+0.7 0	+1.1 0	+1.8 0	+2.7 0
18	30	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+0.21 0	+0.33 0	+0.52 0	+0.84 0	+1.3 0	+2.1 0	+3.3 0
30	50	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+0.25 0	+0.39 0	+0.62 0	+1 0	+1.6 0	+2.5 0	+3.9 0
50	80	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+0.3 0	+0.46 0	+0.74 0	+1.2 0	+1.9 0	+3 0	+4.6 0
80	120	+2.5 0	+4 0	+6 0	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+0.35 0	+0.54 0	+0.87 0	+1.4 0	+2.2 0	+3.5 0	+5.4 0
120	180	+3.5 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+0.4 0	+0.63 0	+1 0	+1.6 0	+2.5 0	+4 0	+6.3 0
180	250	+4.5 0	+7 0	+10 0	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+0.46 0	+0.72 0	+1.15 0	+1.85 0	+2.9 0	+4.6 0	+7.2 0
250	315	+6 0	+8 0	+12 0	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+0.52 0	+0.81 0	+1.3 0	+2.1 0	+3.2 0	+5.2 0	+8.1 0
315	400	+7 0	+9 0	+13 0	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+0.57 0	+0.89 0	+1.4 0	+2.3 0	+3.6 0	+5.7 0	+8.9 0
400	500	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+0.63 0	+0.97 0	+1.55 0	+2.5 0	+4 0	+6.3 0	+9.7 0
500	630	+9 0	+11 0	+16 0	+22 0	+32 0	+44 0	+70 0	+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+0.7 0	+1.1 0	+1.75 0	+2.8 0	+4.4 0	+7 0	+11 0
630	800	+10 0	+13 0	+18 0	+25 0	+36 0	+50 0	+80 0	+125 0	+200 0	+320 0	+500 0	+0.8 0	+1.25 0	+2 0	+3.2 0	+5 0	+8 0	+12.5 0
800	1000	+11 0	+15 0	+21 0	+28 0	+40 0	+56 0	+90 0	+140 0	+230 0	+360 0	+560 0	+0.9 0	+1.4 0	+2.3 0	+3.6 0	+5.6 0	+9 0	+14 0
1000	1250	+13 0	+18 0	+24 0	+33 0	+47 0	+66 0	+105 0	+165 0	+260 0	+420 0	+660 0	+1.05 0	+1.65 0	+2.6 0	+4.2 0	+6.6 0	+10.5 0	+16.5 0
1250	1600	+15 0	+21 0	+29 0	+39 0	+55 0	+78 0	+125 0	+195 0	+310 0	+500 0	+780 0	+1.25 0	+1.95 0	+3.1 0	+5 0	+7.8 0	+12.5 0	+19.5 0
1600	2000	+18 0	+25 0	+35 0	+46 0	+65 0	+92 0	+150 0	+230 0	+370 0	+600 0	+920 0	+1.5 0	+2.3 0	+3.7 0	+6 0	+9.2 0	+15 0	+23 0
2000	2500	+22 0	+30 0	+41 0	+55 0	+78 0	+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+700 0	+1100 0	+1.75 0	+2.8 0	+4.4 0	+7 0	+11 0	17.5 0	+28 0
2500	3150	+26 0	+36 0	+50 0	+68 0	+96 0	+135 0	+210 0	+330 0	+540 0	+860 0	+1350 0	+2.1 0	+3.3 0	+5.4 0	+8.6 0	+13.5 0	+21 0	+33 0

注：1. IT14～IT18 只用于大于 1mm 的公称尺寸。

2. 黑框中的数值，即公称尺寸大于 500～3150mm，IT1～IT5 的偏差值为试用。

表 4-11 孔 JS 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）

公称尺寸/mm		JS																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
大于	至	μm											mm						
—	3	±0.4	±0.6	±1	±1.5	±2	±3	±5	±7	±12	±20	±30	±0.05	±0.07	±0.125	±0.2	±0.3		
3	6	±0.5	±0.75	±1.25	±2	±2.5	±4	±6	±9	±15	±24	±37	±0.06	±0.09	±0.15	±0.24	±0.375	±0.6	±0.9
6	10	±0.5	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5	±7	±11	±18	±29	±46	±0.075	±0.11	±0.18	±0.29	±0.45	±0.75	±1.1
10	18	±0.6	±1	±1.5	±2.5	±4	±5.5	±9	±13	±21	±36	±55	±0.09	±0.135	±0.215	±0.35	±0.55	±0.9	±1.35
18	30	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5	±6.5	±10	±16	±26	±42	±65	±0.105	±0.165	±0.26	±0.42	±0.65	±1.05	±1.65
30	50	±0.75	±1.25	±2	±3.5	±5.5	±8	±12	±19	±31	±50	±80	±0.125	±0.195	±0.31	±0.5	±0.8	±1.25	±1.95
50	80	±1	±1.5	±2.5	±4	±6.5	±9.5	±15	±23	±37	±60	±95	±0.15	±0.23	±0.37	±0.6	±0.95	±1.5	±2.3
80	120	±1.25	±2	±3	±5	±7.5	±11	±17	±27	±43	±70	±110	±0.175	±0.27	±0.435	±0.7	±1.1	±1.75	±2.7
120	180	±1.75	±2.5	±4	±6	±9	±12.5	±20	±31	±50	±80	±125	±0.2	±0.315	±0.5	±0.8	±1.25	±2	±3.15
180	250	±2.25	±3.5	±5	±7	±10	±14.5	±23	±36	±57	±92	±145	±0.23	±0.36	±0.575	±0.925	±1.45	±2.3	±3.6
250	315	±3	±4	±6	±8	±11.5	±16	±26	±40	±65	±105	±160	±0.28	±0.405	±0.65	±1.05	±1.6	±2.6	±4.05
315	400	±3.5	±4.5	±6.5	±9	±12.5	±18	±28	±44	±70	±115	±180	±0.285	±0.445	±0.7	±1.15	±1.8	±2.85	±4.45
400	500	±4	±5	±7.5	±10	±13.5	±20	±31	±48	±77	±125	±200	±0.315	±0.485	±0.775	±1.25	±2	±3.15	±4.85
500	630	±4.5	±5.5	±8	±11	±16	±22	±35	±55	±87	±140	±220	±0.35	±0.55	±0.875	±1.4	±2.2	±3.5	±5.5
630	800	±5	±6.5	±9	±12.5	±18	±25	±40	±62	±100	±160	±250	±0.4	±0.625	±1	±1.6	±2.5	±4	±6.25
800	1000	±5.5	±7.5	±10.5	±14	±20	±28	±45	±70	±115	±180	±280	±0.45	±0.7	±1.15	±1.8	±2.8	±4.5	±7
1000	1250	±6.5	±9	±12	±16.5	±23.5	±33	±52	±82	±130	±210	±330	±0.525	±0.825	±1.3	±2.1	±3.3	±5.25	±8.25
1250	1600	±7.5	±10.5	±14.5	±19.5	±27.5	±39	±62	±97	±155	±250	±390	±0.625	±0.975	±1.55	±2.5	±3.9	±6.25	±9.75
1600	2000	±9	±12.5	±17.5	±23	±32.5	±46	±75	±115	±185	±300	±460	±0.75	±1.15	±1.85	±3	±4.6	±7.5	±11.5
2000	2500	±11	±15	±20.5	±27.5	±39	±55	±87	±140	±220	±350	±550	±0.875	±1.4	±2.2	±3.5	±5.5	±8.75	±14
2500	3150	±13	±18	±25	±34	±48	±67.5	±105	±165	±270	±430	±675	±1.05	±1.65	±2.7	±4.3	±6.75	±10.5	±16.5

注：1. 为避免相同值的重复，表列值以“±×”给出，可为 ES = +×、EI = −×，例如，$^{+0.23}_{-0.23}$mm。

2. IT14 ~ IT18 只用于大于 1mm 的公称尺寸。

3. 黑框中的数值，即公称尺寸为 500 ~ 3150mm，IT1 ~ IT5 的偏差值为试用。

表 4-12　孔 J 和 K 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		J				K							
大于	至	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	+2 −4	+4 −6	+6 +8		0 −2	0 −3	0 −4	0 −6	0 −10	0 −14	0 −25	0 −40
3	6	+5 −3	±6	+10 −8		0 −2.5	+0.5 −3.5	0 −5	+2 −6	+3 −9	+5 −13		
6	10	+5 −4	+8 −7	+12 −10		0 −2.5	+0.5 −3.5	+1 −5	+2 −7	+5 −10	+6 −16		
10	18	+6 −5	+10 −8	+15 −12		0 −3	+1 −4	+2 −6	+2 −9	+6 −12	+8 −19		
18	30	+8 −5	+12 −9	+20 −13		−0.5 −4.5	0 −6	+1 −8	+2 −11	+6 −15	+10 −23		
30	50	+10 −6	+14 −11	+24 −15		−0.5 −4.5	+1 −6	+2 −9	+3 −13	+7 −18	+12 −27		
50	80	+13 −6	+18 −12	+28 −18				+3 −10	+4 −15	+9 −21	+14 −32		
80	120	+16 −6	+22 −13	+34 −20				+2 −13	+4 −18	+10 −25	+16 −38		
120	180	+18 −7	+26 −14	+41 −22				+3 −15	+4 −21	+12 −28	+20 −43		
180	250	+22 −7	+30 −16	+47 −25				+2 −18	+5 −24	+13 −33	+22 −50		
250	315	+25 −7	+36 −16	+55 −26				+3 −20	+5 −27	+16 −36	+25 −56		
315	400	+29 −7	+39 −18	+60 −29				+3 −22	+7 −29	+17 −40	+28 −61		
400	500	+33 −7	+43 −20	+66 −31				+2 −25	+8 −32	+18 −45	+29 −68		
500	630								0 −44	0 −70	0 −110		
630	800								0 −50	0 −80	0 −125		
800	1000								0 −56	0 −90	0 −140		
1000	1250								0 −66	0 −105	0 −165		
1250	1600								0 −78	0 −125	0 −195		
1600	2000								0 −92	0 −150	0 −230		
2000	2500								0 −110	0 −175	0 −280		
25000	3150								0 −135	0 −210	0 −330		

注：1. J9、J10 等公差带对称于零线，其偏差值可见 JS9、JS10 等。
2. 公称尺寸大于 3mm 时，大于 1T8 的 K 的偏差值不作规定。
3. 公称尺寸为 3～6mm 时，J7 的偏差值与对应尺寸段的 JS7 等值。

表 4-13　孔 M 和 N 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		M								N								
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	3	−2 −4	−2 −5	−2 −6	−2 −8	−2 −12	−2 −16	−2 −27	−2 −42	−4 −6	−4 −7	−4 −8	−4 −10	−4 −14	−4 −18	−4 −29	−4 −44	−4 −64
3	6	−3 −5.5	−2.5 −6.5	−3 −8	−1 −9	0 −12	+2 −16	−4 −34	−4 −52	−7 −9.5	−6.5 −10.5	−7 −12	−5 −13	−4 −16	−2 −20	0 −30	0 −48	0 −75
6	10	−5 −7.5	−4.5 −8.5	−4 −10	−3 −12	0 −15	+1 −21	−6 −42	−6 −64	−9 −11.5	−8.5 −12.5	−8 −14	−7 −16	−4 −19	−3 −25	0 −36	0 −58	0 −90
10	18	−6 −9	−5 −10	−4 −12	−4 −15	0 −18	+2 −25	−7 −50	−7 −77	−11 −14	−10 −15	−9 −17	−9 −20	−5 −23	−3 −30	0 −43	0 −70	0 −110
18	30	−6.5 −10.5	−6 −12	−5 −14	−4 −17	0 −21	+4 −29	−8 −60	−8 −92	−13.5 −17.5	−13 −19	−12 −21	−11 −24	−7 −28	−3 −36	0 −52	0 −84	0 −130
30	50	−7.5 −11.5	−6 −13	−5 −16	−4 −20	0 −25	+5 −34	−9 −71	−9 −109	−15.5 −19.5	−14 −21	−13 −24	−12 −28	−8 −33	−3 −42	0 −62	0 −100	0 −160
50	80			−6 −19	−5 −24	0 −30	+5 −41					−15 −28	−14 −33	−9 −39	−4 −50	0 −74	0 −120	0 −190
80	120			−8 −23	−6 −28	0 −35	+6 −48					−18 −33	−16 −38	−10 −45	−4 −58	0 −87	0 −140	0 −220
120	180			−9 −27	−8 −33	0 −40	+8 −55					−21 −39	−20 −45	−12 −52	−4 −67	0 −100	0 −160	0 −250
180	250			−11 −31	−8 −37	0 −46	+9 −63					−25 −45	−22 −51	−14 −60	−5 −77	0 −115	0 −185	0 −290
250	315			−13 −36	−9 −41	0 −52	+9 −72					−27 −50	−25 −57	−14 −66	−5 −86	0 −130	0 −210	0 −320
315	400			−14 −39	−10 −46	0 −57	+11 −78					−30 −55	−26 −62	−16 −73	−5 −94	0 −140	0 −230	0 −360
400	500			−16 −43	−10 −50	0 −63	+11 −86					−33 −60	−27 −67	−17 −80	−6 −103	0 −155	0 −250	0 −400
500	630				−26 −70	−26 −96	−26 −136						−44 −88	−44 −114	−44 −154	−44 −219		
630	800				−30 −80	−30 −110	−30 −155						−50 −100	−50 −130	−50 −175	−50 −250		
800	1000				−34 −90	−34 −124	−34 −174						−56 −112	−56 −146	−56 −196	−56 −286		
1000	1250				−40 −106	−40 −145	−40 −205						−66 −132	−66 −171	−66 −231	−66 −326		
1250	1600				−48 −126	−48 −173	−48 −243						−78 −156	−78 −203	−78 −273	−78 −388		
1600	2000				−58 −150	−58 −208	−58 −288						−92 −184	−92 −242	−92 −322	−92 −462		
2000	2500				−68 −178	−68 −243	−68 −348						−110 −220	−110 −285	−110 −390	−110 −550		
2500	3150				−76 −211	−76 −286	−76 −406						−135 −270	−135 −345	−135 −465	−135 −675		

注：公差带 N9、N10 和 N11 只用于大于 1mm 的公称尺寸。

表 4-14　孔 P 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		P							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	-6 -8	-6 -9	-6 -10	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-6 -31	-6 -46
3	6	-11 -13.5	-10.5 -14.5	-11 -16	-9 -17	-8 -20	-12 -30	-12 -42	-12 -60
6	10	-14 -16.5	-13.5 -17.5	-13 -19	-12 -21	-9 -24	-15 -37	-15 -51	-15 -73
10	18	-17 -20	-16 -21	-15 -23	-15 -26	-11 -29	-18 -45	-18 -61	-18 -88
18	30	-20.5 -24.5	-20 -26	-19 -28	-18 -31	-14 -35	-22 -55	-22 -74	-22 -106
30	50	-24.5 -28.5	-23 -30	-22 -33	-21 -37	-17 -42	-26 -65	-26 -88	-26 -126
50	80			-27 -40	-26 -45	-21 -51	-32 -78	-32 -106	
80	120			-32 -47	-30 -52	-24 -59	-37 -91	-37 -124	
120	180			-37 -55	-36 -61	-28 -68	-43 -106	-43 -143	
180	250			-44 -64	-41 -70	-33 -79	-50 -122	-50 -165	
250	315			-49 -72	-47 -79	-36 -88	-56 -137	-56 -186	
315	400			-55 -80	-51 -87	-41 -98	-62 -151	-62 -202	
400	500			-61 -88	-55 -95	-45 -108	-68 -165	-68 -223	
500	630				-78 -122	-78 -148	-78 -188	-78 -253	
630	800				-88 -138	-88 -168	-88 -213	-88 -288	
800	1000				-100 -156	-100 -190	-100 -240	-100 -330	
1000	1250				-120 -186	-120 -225	-120 -285	-120 -380	
1250	1600				-140 -218	-140 -265	-140 -335	-140 -450	
1600	2000				-170 -262	-170 -320	-170 -400	-170 -540	
2000	2500				-195 -305	-195 -370	-195 -475	-195 -635	
2500	3150				-240 -375	-240 -450	-240 -570	-240 -780	

表 4-15　孔 R 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　（μm）

公称尺寸/mm		R							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	-10 -12	-10 -13	-10 -14	-10 -16	-10 -20	-10 -24	-10 -35	-10 -50
3	6	-14 -16.5	-13.5 -17.5	-14 -19	-12 -20	-11 -23	-15 -33	-15 -45	-15 -63
6	10	-18 -20.5	-17.5 -21.5	-17 -23	-16 -25	-13 -28	-19 -41	-19 -55	-19 -77
10	18	-22 -25	-21 -26	-20 -28	-20 -31	-16 -34	-23 -50	-23 -66	-23 -93
18	30	-26.5 -30.5	-26 -32	-25 -34	-24 -37	-20 -41	-28 -61	-28 -80	-10 -112
30	50	-32.5 -36.5	-31 -38	-30 -41	-29 -45	-25 -50	-34 -73	-34 -96	-34 -134
50	65			-36 -49	-35 -54	-30 -60	-41 -87		
65	80			-38 -51	-37 -56	-32 -62	-43 -89		
80	100			-46 -61	-44 -66	-38 -73	-51 -105		
100	120			-49 -64	-47 -69	-41 -76	-54 -108		
120	140			-57 -75	-56 -81	-48 -88	-63 -126		
140	160			-59 -77	-58 -83	-50 -90	-65 -128		
160	180			-62 -80	-61 -86	-53 -93	-68 -131		
180	200			-71 -91	-68 -97	-60 -106	-77 -149		
200	225			-74 -94	-71 -100	-63 -109	-80 -152		
225	250			-78 -98	-75 -104	-67 -113	-84 -156		
250	280			-87 -110	-85 -117	-74 -126	-94 -175		
280	315			-91 -114	-89 -121	-78 -130	-98 -179		
315	355			-101 -126	-97 -133	-87 -144	-108 -197		

（续）

公称尺寸/mm		R							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
355	400			-107 -132	-103 -139	-93 -150	-114 -203		
400	450			-119 -146	-113 -153	-103 -166	-126 -223		
450	500			-125 -152	-119 -159	-109 -172	-132 -229		
500	560				-150 -194	-150 -220	-150 -260		
560	630				-155 -199	-155 -225	-155 -265		
630	710				-175 -225	-175 -255	-175 -300		
710	800				-185 -235	-185 -265	-185 -310		
800	900				-210 -266	-210 -300	-210 -350		
900	1000				-220 -276	-220 -310	-220 -360		
1000	1120				-250 -316	-250 -355	-250 -415		
1120	1250				-260 -326	-260 -365	-260 -425		
1250	1400				-300 -378	-300 -425	-300 -495		
1400	1600				-330 -408	-330 -455	-330 -525		
1600	1800				-370 -462	-370 -520	-370 -600		
1800	2000				-400 -492	-400 -550	-400 -630		
2000	2240				-440 -550	-440 -615	-440 -720		
2240	2500				-460 -570	-460 -635	-460 -740		
2500	2800				-550 -685	-550 -760	-550 -880		
2800	3150				-580 -715	-580 -790	-580 -910		

表 4-16　孔 S 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　（μm）

公称尺寸/mm		S								公称尺寸/mm		S							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10	大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	−14 −16	−14 −17	−14 −18	−14 −20	−14 −24	−14 −28	−14 −39	−14 −54	355	400			−201 −226	−197 −233	−187 −244	−208 −297	−208 −348	
3	6	−18 −20.5	−17.5 −21.5	−18 −23	−16 −24	−15 −27	−19 −37	−19 −49	−19 −67	400	450			−225 −252	−219 −259	−209 −272	−232 −329	−232 −387	
6	10	−22 −24.5	−21.5 −25.5	−21 −27	−20 −29	−17 −32	−23 −45	−23 −59	−23 −81	450	500			−245 −272	−239 −279	−229 −292	−252 −349	−252 −407	
10	18	−27 −30	−26 −31	−25 −33	−25 −36	−21 −39	−28 −55	−28 −71	−28 −98	500	560				−280 −324	−280 −350	−280 −390		
13	30	−33.5 −37.5	−33 −39	−32 −41	−31 −44	−27 −48	−35 −68	−35 −87	−35 −119	560	630				−310 −354	−310 −380	−310 −420		
30	50	−41.5 −45.5	−40 −47	−39 −50	−38 −54	−34 −59	−43 −82	−43 −105	−43 −143	630	710				−340 −390	−340 −420	−340 −465		
50	65			−48 −61	−47 −66	−42 −72	−53 −99	−53 −127		710	800				−380 −430	−380 −460	−380 −505		
65	80			−54 −67	−53 −72	−48 −78	−59 −105	−59 −133		800	900				−430 −486	−430 −520	−430 −570		
80	100			−66 −81	−64 −86	−58 −93	−71 −125	−71 −158		900	1000				−470 −526	−470 −560	−470 −610		
100	120			−74 −89	−72 −94	−66 −101	−79 −133	−79 −166		1000	1120				−520 −586	−520 −625	−520 −685		
120	140			−86 −104	−85 −110	−77 −117	−92 −155	−92 −192		1120	1250				−580 −646	−580 −685	−580 −745		
140	160			−94 −112	−93 −118	−85 −125	−100 −163	−100 −200		1250	1400				−640 −718	−640 −765	−640 −835		
160	180			−102 −120	−101 −126	−93 −133	−108 −171	−108 −208		1400	1600				−720 −798	−720 −845	−720 −915		
180	200			−116 −136	−113 −142	−105 −151	−122 −194	−122 −237		1600	1800				−820 −912	−820 −970	−820 −1050		
200	225			−124 −144	−121 −150	−113 −159	−130 −202	−130 −245		1800	2000				−920 −1012	−920 −1070	−920 −1150		
225	250			−134 −154	−131 −160	−123 −169	−140 −212	−140 −255		200	2240				−1000 −1110	−1000 −1175	−1000 −1280		
250	280			−151 −174	−149 −181	−138 −190	−158 −239	−158 −288		2240	2500				−1100 −1210	−1100 −1275	−1100 −1380		
280	315			−163 −186	−161 −193	−150 −202	−170 −251	−170 −300		2500	2800				−1250 −1385	−1250 −1460	−1250 −1580		
315	355			−183 −208	−179 −215	−169 −226	−190 −279	−190 −330		2800	3150				−1400 −1535	−1400 −1610	−1400 −1730		

表 4-17　孔 T 和 U 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		T				U					
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9	10
	3					−18 −22	−18 −24	−18 −28	−18 −32	−18 −43	−18 −58
3	6					−22 −27	−20 −28	−19 −31	−23 −41	−23 −53	−23 −71
6	10					−26 −32	−25 −34	−22 −37	−28 −50	−28 −64	−28 −86
10	18					−30 −38	−30 −41	−26 −44	−33 −60	−33 −76	−33 −103
18	24					−38 −47	−37 −50	−33 −54	−41 −74	−41 −93	−41 −125
24	30	−38 −47	−37 −50	−33 −54	−41 −74	−45 −54	−44 −57	−40 −61	−48 −81	−48 −100	−48 −132
30	40	−44 −55	−43 −59	−39 −64	−48 −87	−56 −67	−55 −71	−51 −76	−60 −99	−60 −122	−60 −160
40	50	−50 −61	−49 −65	−45 −70	−54 −93	−66 −77	−65 −81	−61 −86	−70 −109	−70 −132	−70 −170
50	65		−60 −79	−55 −85	−66 −112		−81 −100	−76 −106	−87 −133	−87 −161	−87 −207
65	80		−69 −88	−64 −94	−75 −121		−96 −115	−91 −121	−102 −148	−102 −176	−102 −222
80	100		−84 −106	−78 −113	−91 −145		−117 −139	−111 −146	−124 −178	−124 −211	−124 −264
100	120		−97 −119	−91 −126	−104 −158		−137 −159	−131 −166	−144 −198	−144 −231	−144 −284
120	140		−115 −140	−107 −147	−122 −185		−168 −188	−155 −195	−170 −233	−170 −270	−170 −380
140	160		−127 −152	−119 −159	−134 −197		−183 −208	−175 −215	−190 −253	−190 −290	−190 −350
160	180		−139 −164	−131 −171	−146 −209		−203 −228	−195 −235	−210 −273	−210 −310	−210 −370
180	200		−157 −186	−149 −195	−166 −238		−227 −256	−219 −265	−236 −308	−236 −351	−236 −421
200	225		−171 −200	−163 −209	−180 −252		−249 −278	−241 −287	−258 −330	−258 −373	−258 −443
225	250		−187 −216	−179 −225	−196 −268		−275 −304	−267 −313	−284 −356	−284 −399	−274 −469
250	280		−209 −241	−198 −250	−218 −299		−306 −338	−295 −347	−315 −396	−315 −445	−315 −525
280	315		−231 −263	−220 −272	−240 −321		−341 −373	−330 −382	−350 −431	−350 −480	−350 −560

（续）

公称尺寸/mm		T				U					
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9	10
315	355		-257 -293	-247 -304	-268 -357		-379 -415	-369 -426	-390 -479	-390 -530	-390 -620
355	400		-283 -319	-273 -330	-294 -383		-424 -460	-414 -471	-435 -524	-435 -575	-435 -665
400	450		-317 -357	-307 -370	-330 -427		-477 -517	-467 -530	-490 -587	-490 -645	-490 -740
450	500		-347 -387	-337 -400	-360 -457		-527 -567	-517 -580	-540 -637	-540 -695	-540 -790
500	560		-400 -444	-400 -470	-400 -510		-600 -644	-600 -670	-600 -710		
560	630		-450 -494	-450 -520	-450 -560		-660 -704	-660 -730	-660 -770		
630	710		-500 -550	-500 -580	-500 -625		-740 -790	-740 -820	-740 -865		
710	800		-560 -610	-560 -640	-560 -685		-840 -890	-840 -920	-840 -965		
800	900		-620 -676	-620 -710	-620 -760		-940 -996	-940 -1030	-940 -1080		
900	1000		-680 -736	-680 -770	-680 -820		-1050 -1106	-1050 -1140	-1050 -1190		
1000	1120		-780 -846	-780 -885	-780 -945		-1150 -1216	-1150 -1255	-1150 -1315		
1120	1250		-840 -906	-840 -945	-840 -1005		-1300 -1366	-1300 -1405	-1300 -1465		
1250	1400		-960 -1038	-960 -1085	-960 -1155		-1450 -1528	-1450 -1575	-1450 -1645		
1400	1600		-1050 -1128	-1050 -1175	-1050 -1245		-1600 -1678	-1600 -1725	-1600 -1795		
1600	1800		-1200 -1292	-1200 -1360	-1200 -1430		-1850 -1942	-1850 -2000	-1850 -2080		
1800	2000		-1350 -1442	-1350 -1500	-1350 -1580		-2000 -2092	-2000 -2150	-2000 -2230		
2000	2240		-1500 -1610	-1500 -1675	-1500 -1780		-2300 -2410	-2300 -2475	-2300 -2580		
2240	2500		-1650 -1760	-1650 -1825	-1650 -1930		-2500 -2610	-2500 -2675	-2500 -2780		
2500	2800		-1900 -2035	-1900 -2110	-1900 -2230		-2900 -3035	-2900 -3110	-2900 -3230		
2800	3150		-2100 -2235	-2100 -2310	-2100 -2430		-3200 -3335	-3200 -3410	-3200 -3530		

注：公差尺寸至 24mm 的 T5 ~ T8 的偏差值未列入表内，建议以 U5 ~ U8 代替，如必须 T5 ~ T8，则可按 GB/T 1800.1 计算。

表 4-18　孔 V、X 和 Y 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		V				X						Y				
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
—	3					-20 -24	-20 -26	-20 -30	-20 -34	-20 -45	-20 -60					
3	6					-27 -32	-25 -33	-24 -36	-28 -46	-28 -58	-28 -76					
6	10					-32 -38	-31 -40	-28 -43	-34 -56	-34 -70	-34 -92					
10	14					-37 -45	-37 -48	-33 -51	-40 -67	-40 -83	-40 -110					
14	18	-36 -44	-36 -47	-32 -50	-39 -66	-42 -50	-42 -53	-38 -56	-45 -72	-45 -88	-45 -115					
18	24	-44 -53	-43 -56	-39 -60	-47 -80	-51 -60	-50 -63	-46 -67	-54 -87	-54 -106	-54 -138	-59 -72	-55 -76	-63 -96	-63 -115	-63 -147
24	30	-52 -61	-51 -64	-47 -68	-55 -88	-61 -70	-60 -73	-56 -77	-64 -97	-64 -116	-64 -148	-71 -84	-67 -88	-75 -108	-75 -127	-75 -159
30	40	-64 -75	-63 -79	-59 -84	-68 -107	-76 -87	-75 -91	-71 -96	-80 -119	-80 -142	-80 -180	-89 -105	-85 -110	-94 -133	-94 -156	-94 -194
40	50	-77 -88	-76 -92	-72 -97	-81 -120	-93 -104	-92 -108	-88 -113	-97 -136	-97 -159	-97 -197	-109 -125	-105 -130	-114 -153	-114 -176	-114 -214
50	65		-96 -115	-91 -121	-102 -148		-116 -135	-111 -141	-122 -168	-122 -196		-138 -157	-133 -163	-144 -190		
65	80		-114 -133	-109 -139	-120 -166		-140 -159	-135 -165	-146 -192	-146 -220		-168 -187	-163 -193	-174 -220		
80	100		-139 -161	-133 -168	-146 -200		-171 -193	-165 -200	-178 -232	-178 -265		-207 -229	-201 -236	-214 -268		
100	120		-165 -187	-159 -194	-172 -226		-203 -225	-197 -232	-210 -264	-210 -297		-247 -269	-241 -276	-254 -308		
120	140		-195 -220	-187 -227	-202 -265		-241 -266	-233 -273	-248 -311	-248 -348		-293 -318	-285 -325	-300 -363		
140	160		-221 -246	-213 -253	-228 -291		-273 -298	-265 -305	-280 -343	-280 -380		-333 -358	-325 -365	-340 -403		
160	180		-245 -270	-237 -277	-252 -315		-303 -328	-295 -335	-310 -373	-310 -410		-373 -398	-365 -405	-380 -443		
180	200		-275 -304	-267 -313	-284 -356		-341 -370	-333 -379	-350 -422	-350 -465		-416 -445	-408 -454	-425 -497		
200	225		-301 -330	-293 -339	-310 -382		-376 -405	-368 -414	-385 -457	-385 -500		-461 -490	-453 -499	-470 -542		
225	250		-331 -360	-323 -369	-340 -412		-416 -446	-408 -454	-425 -497	-425 -540		-511 -540	-503 -549	-520 -592		
250	280		-376 -408	-365 -417	-385 -466		-466 -498	-455 -507	-475 -556	-475 -605		-571 -603	-560 -612	-580 -661		
280	315		-416 -448	-405 -457	-425 -506		-516 -548	-505 -557	-525 -606	-525 -655		-641 -673	-630 -682	-650 -731		
315	355		-464 -500	-454 -511	-475 -564		-679 -615	-529 -626	-590 -679	-590 -730		-719 -755	-709 -766	-730 -819		
355	400		-519 -555	-509 -566	-530 -619		-649 -685	-639 -696	-660 -749	-660 -800		-809 -845	-799 -856	-820 -909		
400	450		-582 -622	-572 -635	-595 -692		-727 -767	-717 -780	-740 -837	-740 -895		-907 -947	-897 -960	-920 -1017		
450	500		-647 -687	-637 -700	-660 -757		-807 -847	-797 -860	-820 -917	-820 -975		-987 -1027	-977 -1040	-1000 -1097		

注：1. 公称尺寸至 14mm 的 V5 ~ V8 的偏差值未列入表内，建议以 X5 ~ X8 代替，如必须 V5 ~ V8，则可按 GB/T 1800.1 计算。

2. 公称尺寸至 18mm 的 Y6 ~ Y10 的偏差值未列入表内，建议以 Z6 ~ Z10 代替，如必须 Y6 ~ Y10，则可按 GB/T 1800.1 计算。

表 4-19　孔 Z 和 ZA 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		Z						ZA					
大于	至	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11
—	3	-26 -32	-26 -36	-26 -40	-26 -51	-26 -66	-26 -86	-32 -38	-32 -42	-32 -46	-32 -57	-32 -72	-32 -92
3	6	-32 -40	-31 -43	-35 -53	-35 -65	-35 -83	-35 -110	-39 -47	-38 -50	-42 -60	-42 -72	-42 -90	-42 -117
6	10	-39 -48	-36 -51	-42 -64	-42 -78	-42 -100	-42 -132	-49 -58	-46 -61	-52 -74	-52 -88	-52 -110	-52 -142
10	14	-47 -58	-43 -61	-50 -77	-50 -93	-50 -120	-50 -160	-61 -72	-57 -75	-64 -91	-64 -107	-64 -134	-64 -174
14	18	-57 -68	-53 -71	-60 -87	-60 -103	-60 -130	-60 -170	-74 -85	-70 -88	-77 -104	-77 -120	-77 -147	-77 -187
18	24	-69 -82	-65 -86	-73 -106	-73 -125	-73 -157	-73 -203	-94 -107	-90 -111	-98 -131	-98 -150	-98 -182	-98 -228
24	30	-84 -97	-80 -101	-88 -121	-88 -140	-88 -172	-88 -218	-114 -127	-110 -131	-118 -151	-118 -170	-118 -202	-118 -248
30	40	-107 -123	-103 -128	-112 -151	-112 -174	-112 -212	-112 -272	-143 -159	-139 -164	-148 -187	-148 -210	-148 -248	-148 -308
40	50	-131 -147	-127 -152	-136 -175	-136 -198	-136 -236	-136 -296	-175 -191	-171 -196	-180 -219	-180 -242	-180 -280	-180 -340
50	65		-161 -191	-172 -218	-172 -246	-172 -292	-172 -362		-215 -245	-226 -272	-226 -300	-226 -346	-226 -416
65	80		-199 -229	-210 -256	-210 -284	-210 -330	-210 -400		-263 -293	-274 -320	-274 -348	-274 -394	-274 -464
80	100		-245 -280	-258 -312	-258 -345	-258 -398	-258 -478		-322 -357	-335 -389	-335 -422	-335 -475	-335 -555
100	120		-297 -332	-310 -364	-310 -397	-310 -450	-310 -530		-387 -422	-400 -454	-400 -487	-400 -540	-400 -620
120	140		-350 -390	-365 -428	-365 -465	-365 -525	-365 -615		-455 -495	-470 -533	-470 -570	-470 -630	-470 -720
140	160		-400 -440	-415 -478	-415 -515	-415 -575	-415 -665		-520 -560	-535 -598	-535 -635	-535 -695	-535 -785
160	180		-450 -490	-465 -528	-465 -565	-465 -625	-465 -715		-585 -625	-600 -663	-600 -700	-600 -760	-600 -850
180	200		-503 -549	-520 -592	-520 -635	-520 -705	-520 -810		-653 -699	-670 -742	-670 -785	-670 -855	-670 -960
200	225		-558 -604	-575 -647	-575 -690	-575 -760	-575 -865		-723 -769	-740 -812	-740 -855	-740 -925	-740 -1030
225	250		-623 -669	-640 -712	-640 -755	-640 -825	-640 -930		-803 -849	-820 -892	-820 -935	-820 -1005	-820 -1110
250	280		-690 -742	-710 -791	-710 -840	-710 -920	-710 -1030		-900 -952	-920 -1001	-920 -1050	-920 -1130	-920 -1240
280	315		-770 -822	-790 -871	-790 -920	-790 -1000	-790 -1110		-980 -1032	-1000 -1081	-1000 -1130	-1000 -1210	-1000 -1320
315	355		-879 -936	-900 -989	-900 -1040	-900 -1130	-900 -1260		-1129 -1186	-1150 -1239	-1150 -1290	-1150 -1380	-1150 -1510
355	400		-979 -1036	-1000 -1089	-1000 -1140	-1000 -1230	-1000 -1360		-1279 -1336	-1300 -1389	-1300 -1440	-1300 -1530	-1300 -1660
400	450		-1077 -1140	-1100 -1197	-1100 -1255	-1100 -1350	-1100 -1500		-1427 -1490	-1450 -1547	-1450 -1605	-1450 -1700	-1450 -1850
450	500		-1227 -1290	-1250 -1347	-1250 -1405	-1250 -1500	-1250 -1650		-1577 -1640	-1600 -1697	-1600 -1755	-1600 -1850	-1600 -2000

表 4-20 孔 ZB 和 ZC 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009） （μm）

公称尺寸/mm		ZB					ZC				
大于	至	7	8	9	10	11	7	8	9	10	11
—	3	-40 -50	-40 -54	-40 -65	-40 -80	-40 -100	-60 -70	-60 -74	-60 -85	-60 -100	-60 -120
3	6	-46 -58	-50 -68	-50 -80	-50 -98	-50 -125	-76 -88	-80 -98	-80 -110	-80 -128	-80 -155
6	10	-61 -76	-67 -89	-67 -103	-67 -125	-67 -157	-91 -106	-97 -119	-97 -133	-97 -155	-97 -187
10	14	-83 -101	-90 -117	-90 -133	-90 -160	-90 -200	-123 -141	-130 -157	-130 -173	-130 -200	-130 -240
14	18	-101 -119	-108 -135	-108 -151	-108 -178	-108 -218	-143 -161	-150 -177	-150 -193	-150 -220	-150 -260
18	24	-128 -149	-136 -169	-136 -188	-136 -220	-136 -266	-180 -201	-188 -221	-188 -240	-188 -272	-188 -318
24	30	-152 -173	-160 -193	-160 -212	-160 -244	-160 -290	-210 -231	-218 -251	-218 -270	-218 -302	-218 -348
30	40	-191 -216	-200 -239	-200 -262	-200 -300	-200 -360	-265 -290	-274 -313	-274 -336	-274 -374	-274 -434
40	50	-233 -258	-242 -281	-242 -304	-242 -342	-242 -402	-316 -341	-325 -364	-325 -387	-325 -425	-325 -485
50	65	-289 -319	-300 -346	-300 -374	-300 -420	-300 -490	-394 -424	-405 -451	-405 -479	-405 -525	-405 -595
65	80	-349 -379	-360 -406	-360 -434	-360 -480	-360 -550	-469 -499	-480 -526	-480 -554	-480 -600	-480 -670
80	100	-432 -467	-445 -499	-445 -532	-445 -585	-445 -665	-572 -607	-585 -639	-585 -672	-585 -725	-585 -805
100	120	-512 -547	-525 -579	-525 -612	-525 -665	-525 -745	-677 -712	-690 -744	-690 -777	-690 -830	-690 -910
120	140	-605 -645	-620 -683	-620 -720	-620 -780	-620 -870	-785 -825	-800 -863	-800 -900	-800 -960	-800 -1050
140	160	-685 -725	-700 -763	-700 -800	-700 -860	-700 -950	-885 -925	-900 -963	-900 -1000	-900 -1060	-900 -1150
160	180	-765 -805	-780 -843	-780 -880	-780 -940	-780 -1030	-985 -1025	-1000 -1063	-1000 -1100	-1000 -1160	-1000 -1250
180	200	-863 -909	-880 -952	-880 -995	-880 -1065	-880 -1170	-1133 -1179	-1150 -1222	-1150 -1265	-1150 -1335	-1150 -1440
200	225	-943 -989	-960 -1032	-960 -1075	-960 -1145	-960 -1250	-1233 -1279	-1250 -1322	-1250 -1365	-1250 -1435	-1250 -1540
225	250	-1033 -1079	-1050 -1122	-1050 -1165	-1050 -1235	-1050 -1340	-1333 -1379	-1350 -1422	-1350 -1465	-1350 -1535	-1350 -1640
250	280	-1180 -1232	-1200 -1281	-1200 -1330	-1200 -1410	-1200 -1520	-1530 -1582	-1550 -1631	-1550 -1680	-1550 -1760	-1550 -1870
280	315	-1280 -1332	-1300 -1381	-1300 -1430	-1300 -1510	-1300 -1620	-1680 -1732	-1700 -1781	-1700 -1830	-1700 -1910	-1700 -2020
315	355	-1479 -1536	-1500 -1589	-1500 -1640	-1500 -1730	-1500 -1860	-1879 -1936	-1900 -1989	-1900 -2040	-1900 -2130	-1900 -2260
355	400	-1629 -1686	-1650 -1739	-1650 -1790	-1650 -1880	-1650 -2010	-2079 -2136	-2100 -2189	-2100 -2240	-2100 -2330	-2100 -2460
400	450	-1827 -1890	-1850 -1947	-1850 -2005	-1850 -2100	-1850 -2250	-2377 -2440	-2400 -2497	-2400 -2555	-2400 -2650	-2400 -2800
450	500	-2077 -2140	-2100 -2197	-2100 -2255	-2100 -2350	-2100 -2500	-2577 -2640	-2600 -2697	-2600 -2755	-2600 -2850	-2600 -3000

2. 轴的极限偏差数值（见表 4-21 ~ 表 4-36）

表 4-21　轴 a、b 和 c 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		a					b						c				
大于	至	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12
—	3	-270 -295	-270 -310	-270 -330	-270 -370	-270 -410	-140 -154	-140 -165	-140 -180	-140 -200	-140 -240	-140 -280	-60 -74	-60 -85	-60 -100	-60 -120	-60 -160
3	6	-270 -300	-270 -318	-270 -345	-270 -390	-270 -450	-140 -158	-140 -170	-140 -188	-140 -215	-140 -260	-140 -320	-70 -88	-70 -100	-70 -118	-70 -145	-70 -190
6	10	-280 -316	-280 -338	-280 -370	-280 -430	-280 -500	-150 -172	-150 -186	-150 -208	-150 -240	-150 -300	-150 -370	-80 -102	-80 -116	-80 -138	-80 -170	-80 -230
10	18	-290 -333	-290 -360	-290 -400	-290 -470	-290 -560	-150 -177	-150 -193	-150 -220	-150 -260	-150 -330	-150 -420	-95 -122	-95 -138	-95 -165	-95 -205	-95 -275
18	30	-300 -352	-300 -384	-300 -430	-300 -510	-300 -630	-160 -193	-160 -212	-160 -244	-160 -290	-160 -370	-160 -490	-110 -143	-110 -162	-110 -194	-110 -240	-110 -320
30	40	-310 -372	-310 -410	-310 -470	-310 -560	-310 -700	-170 -209	-170 -232	-170 -270	-170 -330	-170 -420	-170 -560	-120 -159	-120 -182	-120 -220	-120 -280	-120 -370
40	50	-320 -382	-320 -420	-320 -480	-320 -570	-320 -710	-180 -219	-180 -242	-180 -280	-180 -340	-180 -430	-180 -570	-130 -169	-130 -192	-130 -230	-130 -290	-130 -380
50	65	-340 -414	-340 -460	-340 -530	-340 -640	-340 -800	-190 -236	-190 -264	-190 -310	-190 -380	-190 -490	-190 -650	-140 -186	-140 -214	-140 -260	-140 -330	-140 -440
65	80	-360 -434	-360 -480	-360 -550	-360 -660	-360 -820	-200 -246	-200 -274	-200 -320	-200 -390	-200 -500	-200 -660	-150 -196	-150 -224	-150 -270	-150 -340	-150 -450
80	100	-380 -467	-380 -520	-380 -600	-380 -730	-380 -920	-220 -274	-220 -307	-220 -360	-220 -440	-220 -570	-220 -760	-170 -224	-170 -257	-170 -310	-170 -390	-170 -520
100	120	-410 -497	-410 -550	-410 -630	-410 -760	-410 -950	-240 -294	-240 -327	-240 -380	-240 -460	-240 -590	-240 -780	-180 -234	-180 -267	-180 -320	-180 -400	-180 -530
120	140	-460 -560	-460 -620	-460 -710	-460 -860	-460 -1090	-260 -323	-260 -360	-260 -420	-260 -510	-260 -660	-260 -890	-200 -263	-200 -300	-200 -360	-200 -450	-200 -600
140	160	-520 -620	-520 -680	-520 -770	-520 -920	-520 -1150	-280 -343	-280 -380	-280 -440	-280 -530	-280 -680	-280 -910	-210 -273	-210 -310	-210 -370	-210 -460	-210 -610
160	180	-580 -680	-580 -740	-580 -830	-580 -980	-580 -1210	-310 -373	-310 -410	-310 -470	-310 -560	-310 -710	-310 -940	-230 -293	-230 -330	-230 -390	-230 -480	-230 -630
180	200	-660 -775	-660 -845	-660 -950	-660 -1120	-660 -1380	-340 -412	-340 -455	-340 -525	-340 -630	-340 -800	-340 -1060	-240 -312	-240 -355	-240 -425	-240 -530	-240 -700
200	225	-740 -855	-740 -925	-740 -1030	-740 -1200	-740 -1460	-380 -452	-380 -495	-380 -565	-380 -670	-380 -840	-380 -1100	-260 -332	-260 -375	-260 -445	-260 -550	-260 -720
225	250	-820 -935	-820 -1005	-820 -1110	-820 -1280	-820 -1540	-420 -492	-420 -535	-420 -605	-420 -710	-420 -880	-420 -1140	-280 -352	-280 -395	-280 -465	-280 -570	-280 -740
250	280	-920 -1050	-920 -1130	-920 -1240	-920 -1440	-920 -1730	-480 -561	-480 -610	-480 -690	-480 -800	-480 -1000	-480 -1290	-300 -381	-300 -430	-300 -510	-300 -620	-300 -820
280	315	-1050 -1180	-1050 -1260	-1050 -1370	-1050 -1570	-1050 -1860	-540 -621	-540 -670	-540 -750	-540 -860	-540 -1060	-540 -1350	-330 -411	-330 -460	-330 -540	-330 -650	-330 -850
315	355	-1200 -1340	-1200 -1430	-1200 -1560	-1200 -1770	-1200 -2090	-600 -689	-600 -740	-600 -830	-600 -960	-600 -1170	-600 -1490	-360 -449	-360 -500	-360 -590	-360 -720	-360 -930
355	400	-1350 -1490	-1350 -1580	-1350 -1710	-1350 -1920	-1350 -2240	-680 -769	-680 -820	-680 -910	-680 -1040	-680 -1250	-680 -1570	-400 -489	-400 -540	-400 -630	-400 -760	-400 -970
400	450	-1500 -1655	-1500 -1750	-1500 -1900	-1500 -2130	-1500 -2470	-760 -857	-760 -915	-760 -1010	-760 -1160	-760 -1390	-760 -1730	-440 -537	-440 -595	-440 -690	-440 -840	-440 -1070
450	500	-1650 -1805	-1650 -1900	-1650 -2050	-1650 -2280	-1650 -2620	-840 -937	-840 -995	-840 -1090	-840 -1240	-840 -1470	-840 -1810	-480 -577	-480 -635	-480 -730	-480 -880	-480 -1110

注：公称尺寸小于 1mm 时，各级的 a 和 b 均不采用。

表 4-22　轴 cd 和 d 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		cd						d								
大于	至	5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10	11	12	13
—	3	-24 -38	-34 -40	-34 -44	-34 -48	-34 -59	-34 -74	-20 -24	-20 -26	-20 -30	-20 -34	-20 -45	-20 -60	-20 -80	-20 -120	-20 -160
3	6	-46 -51	-46 -54	-46 -58	-46 -64	-46 -76	-46 -94	-30 -35	-30 -38	-30 -42	-30 -48	-30 -60	-30 -78	-30 -105	-30 -150	-30 -210
6	10	-56 -62	-56 -65	-56 -71	-56 -78	-56 -92	-56 -114	-40 -46	-40 -49	-40 -55	-40 -62	-40 -76	-40 -98	-40 -130	-40 -190	-40 -260
10	18							-50 -58	-50 -61	-50 -68	-50 -77	-50 -93	-50 -120	-50 -160	-50 -230	-50 -320
18	30							-65 -74	-65 -78	-65 -86	-65 -98	-65 -117	-65 -149	-65 -195	-65 -275	-65 -395
30	50							-80 -91	-80 -96	-80 -105	-80 -119	-80 -142	-80 -180	-80 -240	-80 -330	-80 -470
50	80							-100 -113	-100 -119	-100 -130	-100 -146	-100 -174	-100 -220	-100 -290	-100 -400	-100 -560
80	120							-120 -135	-120 -142	-120 -155	-120 -174	-120 -207	-120 -260	-120 -340	-120 -470	-120 -660
120	180							-145 -163	-145 -170	-145 -185	-145 -208	-145 -245	-145 -305	-145 -395	-145 -545	-145 -775
180	250							-170 -190	-170 -199	-170 -216	-170 -242	-170 -285	-170 -355	-170 -460	-170 -630	-170 -890
250	315							-190 -213	-190 -222	-190 -242	-190 -271	-190 -320	-190 -400	-190 -510	-190 -710	-190 -1000
315	400							-210 -235	-210 -246	-210 -267	-210 -299	-210 -350	-210 -440	-210 -570	-210 -780	-210 -1100
400	500							-230 -257	-230 -270	-230 -293	-230 -327	-230 -385	-230 -480	-230 -630	-230 -860	-230 -1200
500	630									-260 -330	-260 -370	-260 -435	-260 -540	-260 -700		
630	800									-290 -370	-290 -415	-290 -490	-290 -610	-290 -790		
800	1000									-320 -410	-320 -460	-320 -550	-320 -680	-320 -880		
1000	1250									-350 -455	-350 -515	-350 -610	-350 -770	-350 -1010		
1250	1600									-390 -515	-390 -585	-390 -700	-390 -890	-390 -1170		
1600	2000									-430 -580	-430 -660	-430 -800	-430 -1030	-430 -1350		
2000	2500									-480 -655	-480 -760	-480 -920	-480 -1180	-480 -1580		
2500	3150									-520 -730	-520 -850	-520 -1060	-520 -1380	-520 -1870		

注：各级的 cd 主要用于精密机械和钟表制造业。

表 4-23　轴 e 和 ef 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		e						ef							
大于	至	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	−14 −18	−14 −20	−14 −24	−14 −28	−14 −39	−14 −54	−10 −12	−10 −13	−10 −14	−10 −16	−10 −20	−10 −24	−10 −35	−10 −50
3	6	−20 −25	−20 −28	−20 −32	−20 −38	−20 −50	−20 −68	−14 −16.5	−14 −18	−14 −19	−14 −22	−14 −26	−14 −32	−14 −44	−14 −62
6	10	−25 −31	−25 −34	−25 −40	−25 −47	−25 −61	−25 −83	−18 −20.5	−18 −22	−18 −24	−18 −27	−18 −33	−18 −40	−18 −54	−18 −76
10	18	−32 −40	−32 −43	−32 −50	−32 −59	−32 −75	−32 −102								
18	30	−40 −49	−40 −53	−40 −61	−40 −73	−40 −92	−40 −124								
30	50	−50 −61	−50 −66	−50 −75	−50 −89	−50 −112	−50 −150								
50	80	−60 −73	−60 −79	−60 −90	−60 −106	−60 −134	−60 −180								
80	120	−72 −87	−72 −94	−72 −107	−72 −126	−72 −212	−72 −159								
120	180	−85 −103	−85 −110	−85 −125	−85 −148	−85 −185	−85 −245								
180	250	−100 −120	−100 −129	−100 −146	−100 −172	−100 −215	−100 −285								
250	315	−110 −133	−110 −142	−110 −162	−110 −191	−110 −240	−110 −320								
315	400	−125 −150	−125 −161	−125 −182	−125 −214	−125 −265	−125 −355								
400	500	−135 −162	−135 −175	−135 −198	−135 −232	−135 −290	−135 −385								
500	630		−145 −189	−145 −215	−145 −255	−145 −320	−145 −425								
630	800		−160 −210	−160 −240	−160 −285	−160 −360	−160 −480								
800	1000		−170 −226	−170 −260	−170 −310	−170 −400	−170 −530								
1000	1250		−195 −261	−195 −300	−195 −360	−195 −455	−195 −615								
1250	1600		−220 −298	−220 −345	−220 −415	−220 −530	−220 −720								
1600	2000		−240 −332	−240 −390	−240 −470	−240 −610	−240 −840								
2000	2500		−260 −370	−260 −435	−260 −540	−260 −700	−260 −960								
2500	3150		−290 −425	−290 −500	−290 −620	−290 −830	−290 −1150								

注：各级的 ef 主要用于精密机械和钟表制造业。

表 4-24　轴 f 和 fg 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		f								fg							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	-6 -8	-6 -9	-6 -10	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-6 -31	-6 -46	-4 -6	-4 -7	-4 -8	-4 -10	-4 -14	-4 -18	-4 -29	-4 -44
3	6	-10 -12.5	-10 -14	-10 -15	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-10 -40	-10 -58	-6 -8.5	-6 -10	-6 -11	-6 -14	-6 -18	-6 -24	-6 -36	-6 -54
6	10	-13 -15.5	-13 -17	-13 -19	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-13 -49	-13 -71	-8 -10.5	-8 -12	-8 -14	-8 -17	-8 -23	-8 -30	-8 -44	-8 -66
10	18	-16 -19	-16 -21	-16 -24	-16 -27	-16 -34	-16 -43	-16 -59	-16 -86								
18	30	-20 -24	-20 -26	-20 -29	-20 -33	-20 -41	-20 -53	-20 -72	-20 -104								
30	50	-25 -29	-25 -32	-25 -36	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-25 -87	-25 -125								
50	80		-30 -38	-30 -43	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-30 -104									
80	120		-36 -46	-36 -51	-36 -58	-36 -71	-36 -90	-36 -123									
120	180		-43 -55	-43 -61	-43 -68	-43 -83	-43 -106	-43 -143									
180	250		-50 -64	-50 -70	-50 -79	-50 -96	-50 -122	-50 -165									
250	315		-56 -72	-56 -79	-56 -88	-56 -108	-56 -137	-56 -185									
315	400		-62 -80	-62 -87	-62 -98	-62 -119	-62 -151	-62 -202									
400	500		-68 -88	-68 -95	-68 -108	-68 -131	-68 -165	-68 -223									
500	630				-76 -120	-76 -146	-76 -186	-76 -251									
630	800				-80 -130	-80 -160	-80 -205	-80 -280									
800	1000				-86 -142	-86 -176	-86 -226	-86 -316									
1000	1250				-98 -164	-98 -203	-98 -263	-98 -358									
1250	1600				-110 -188	-110 -235	-110 -305	-110 -420									
1600	2000				-120 -212	-120 -270	-120 -350	-120 -490									
2000	2500				-130 -240	-130 -305	-130 -410	-130 -570									
2500	3150				-145 -280	-145 -355	-145 -475	-145 -685									

注：各级的 fg 主要用于精密机械和钟表制造业。

表 4-25　轴 g 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　（μm）

公称尺寸/mm		g							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	−2 −4	−2 −5	−2 −6	−2 −8	−2 −12	−2 −16	−2 −27	−2 −42
3	6	−4 −6.5	−4 −8	−4 −9	−4 −12	−4 −16	−4 −22	−4 −34	−4 −52
6	10	−5 −7.5	−5 −9	−5 −11	−5 −14	−5 −20	−5 −27	−5 −41	−5 −63
10	18	−6 −9	−6 −11	−6 −14	−6 −17	−6 −24	−6 −33	−6 −49	−6 −76
18	30	−7 −11	−7 −13	−7 −16	−7 −20	−7 −28	−7 −40	−7 −59	−7 −91
30	50	−9 −13	−9 −16	−9 −20	−9 −25	−9 −34	−9 −48	−9 −71	−9 −109
50	80		−10 −18	−10 −23	−10 −29	−10 −40	−10 −56		
80	120		−12 −22	−12 −27	−12 −34	−12 −47	−12 −66		
120	180		−14 −26	−14 −32	−14 −39	−14 −54	−14 −77		
180	250		−15 −29	−15 −35	−15 −44	−15 −61	−15 −87		
250	315		−17 −33	−17 −40	−17 −49	−17 −69	−17 −98		
315	400		−18 −36	−18 −43	−18 −54	−18 −75	−18 −107		
400	500		−20 −40	−20 −47	−20 −60	−20 −83	−20 −117		
500	630				−22 −66	−22 −92	−22 −132		
630	800				−24 −74	−24 −104	−24 −149		
800	1000				−26 −82	−26 −116	−26 −166		
1000	1250				−28 −94	−28 −133	−28 −193		
1250	1600				−30 −108	−30 −155	−30 −225		
1600	2000				−32 −124	−32 −182	−32 −262		
2000	2500				−34 −144	−34 −209	−34 −314		
2500	3150				−38 −173	−38 −248	−38 −368		

表 4-26　轴 h 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）

公称尺寸/mm		h																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
大于	至	μm											mm						
—	3	0 -0.8	0 -1.2	0 -2	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -0.1	0 -0.14	0 -0.25	0 -0.4	0 -0.6		
3	6	0 -1	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -0.12	0 -0.18	0 -0.3	0 -0.48	0 -0.75	0 -1.2	0 -1.8
6	10	0 -1	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -0.15	0 -0.22	0 -0.36	0 -0.58	0 -0.9	0 -1.5	0 -2.2
10	18	0 -1.2	0 -2	0 -3	0 -5	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -0.18	0 -0.27	0 -0.43	0 -0.7	0 -1.1	0 -1.8	0 -2.7
18	30	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -0.21	0 -0.33	0 -0.52	0 -0.84	0 -1.3	0 -2.1	0 -3.3
30	50	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -7	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -0.25	0 -0.39	0 -0.62	0 -1	0 -1.6	0 -2.5	0 -3.9
50	80	0 -2	0 -3	0 -5	0 -8	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -0.3	0 -0.46	0 -0.74	0 -1.2	0 -1.9	0 -3	0 -4.6
80	120	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -10	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -220	0 -0.35	0 -0.54	0 -0.87	0 -1.4	0 -2.2	0 -3.5	0 -5.4
120	180	0 -3.5	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -25	0 -40	0 -63	0 -100	0 -160	0 -250	0 -0.4	0 -0.63	0 -1	0 -1.6	0 -2.5	0 -4	0 -6.3
180	250	0 -4.5	0 -7	0 -10	0 -14	0 -20	0 -29	0 -46	0 -72	0 -115	0 -185	0 -290	0 -0.46	0 -0.72	0 -1.15	0 -1.85	0 -2.9	0 -4.6	0 -7.2
250	315	0 -6	0 -8	0 -12	0 -16	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	0 -210	0 -320	0 -0.52	0 -0.81	0 -1.3	0 -2.1	0 -3.2	0 -5.2	0 -8.1
315	400	0 -7	0 -9	0 -13	0 -18	0 -25	0 -36	0 -57	0 -89	0 -140	0 -230	0 -360	0 -0.57	0 -0.89	0 -1.4	0 -2.3	0 -3.6	0 -5.7	0 -8.9
400	500	0 -8	0 -10	0 -15	0 -20	0 -27	0 -40	0 -63	0 -97	0 -155	0 -250	0 -400	0 -0.63	0 -0.97	0 -1.55	0 -2.5	0 -4	0 -6.3	0 -9.7
500	630	0 -9	0 -11	0 -16	0 -22	0 -32	0 -44	0 -70	0 -110	0 -175	0 -280	0 -440	0 -0.7	0 -1.1	0 -1.75	0 -2.8	0 -4.4	0 -7	0 -11
630	800	0 -10	0 -13	0 -18	0 -25	0 -36	0 -50	0 -80	0 -125	0 -200	0 -320	0 -500	0 -0.8	0 -1.25	0 -2	0 -3.2	0 -5	0 -8	0 -12.5
800	1000	0 -11	0 -15	0 -21	0 -28	0 -40	0 -56	0 -90	0 -140	0 -230	0 -360	0 -560	0 -0.9	0 -1.4	0 -2.3	0 -3.6	0 -5.6	0 -9	0 -14
1000	1250	0 -13	0 -18	0 -24	0 -33	0 -47	0 -66	0 -105	0 -165	0 -260	0 -420	0 -660	0 -1.05	0 -1.65	0 -2.6	0 -4.2	0 -6.6	0 -10.5	0 -16.5
1250	1600	0 -15	0 -21	0 -29	0 -39	0 -55	0 -78	0 -125	0 -195	0 -310	0 -500	0 -780	0 -1.25	0 -1.95	0 -3.1	0 -5	0 -7.8	0 -12.5	0 -19.5
1600	2000	0 -18	0 -25	0 -35	0 -46	0 -65	0 -92	0 -150	0 -230	0 -370	0 -600	0 -920	0 -1.5	0 -2.3	0 -3.7	0 -6	0 -9.2	0 -15	0 -23
2000	2500	0 -22	0 -30	0 -41	0 -55	0 -78	0 -110	0 -175	0 -280	0 -440	0 -700	0 -1100	0 -1.75	0 -2.8	0 -4.4	0 -7	0 -11	0 -17.5	0 -28
2500	3150	0 -26	0 -36	0 -50	0 -68	0 -96	0 -135	0 -210	0 -330	0 -540	0 -860	0 -1350	0 -2.1	0 -3.3	0 -5.4	0 -8.6	0 -13.5	0 -21	0 -33

注：1. IT14～IT18 只用于大于 1mm 的公称尺寸。

2. 黑框中的数值，即公称尺寸大于 500～3150mm，IT1～IT5 的偏差值为试用。

表 4-27 轴 js 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）

公称尺寸/mm		js																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
大于	至	μm											mm						
—	3	±0.4	±0.6	±1	±1.5	±2	±3	±5	±7	±12	±20	±30	±0.05	±0.07	±0.125	±0.2	±0.3		
3	6	±0.5	±0.75	±1.25	±2	±2.5	±4	±6	±9	±15	±24	±37	±0.06	±0.09	±0.15	±0.24	±0.375	±0.6	±0.9
6	10	±0.5	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5	±7	±11	±18	±29	±45	±0.075	±0.11	±0.18	±0.29	±0.45	±0.75	±1.1
10	18	±0.6	±1	±1.5	±2.5	±4	±5.5	±9	±13	±21	±35	±55	±0.09	±0.135	±0.215	±0.35	±0.55	±0.9	±1.35
18	30	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5	±6.5	±10	±16	±26	±42	±65	±0.105	±0.165	±0.26	±0.42	±0.65	±1.05	±1.65
30	50	±0.75	±1.25	±2	±3.5	±5.5	±8	±12	±19	±31	±50	±80	±0.125	±0.195	±0.31	±0.5	±0.8	±1.25	±1.95
50	80	±1	±1.5	±2.5	±4	±6.5	±9.5	±15	±23	±37	±60	±95	±0.15	±0.23	±0.37	±0.6	±0.95	±1.5	±2.3
80	120	±1.25	±2	±3	±5	±7.5	±11	±17	±27	±43	±70	±110	±0.175	±0.27	±0.435	±0.7	±1.1	±1.75	±2.7
120	180	±1.75	±2.5	±4	±6	±9	±12.5	±20	±31	±50	±80	±125	±0.2	±0.315	±0.5	±0.8	±1.25	±2	±3.15
180	250	±2.25	±3.5	±5	±7	±10	±14.5	±23	±36	±57	±92	±145	±0.23	±0.36	±0.575	±0.925	±1.45	±2.3	±3.6
250	315	±3	±4	±6	±8	±11.5	±16	±26	±40	±65	±105	±160	±0.26	±0.405	±0.65	±1.05	±1.6	±2.6	±4.05
315	400	±3.5	±4.5	±6.5	±9	±12.5	±18	±28	±44	±70	±115	±180	±0.285	±0.445	±0.7	±1.15	±1.8	±2.85	±4.45
400	500	±4	±5	±7.5	±10	±13.5	±20	±31	±48	±77	±125	±200	±0.315	±0.485	±0.775	±1.25	±2	±3.15	±4.85
500	630	±4.5	±5.5	±8	±11	±16	±22	±35	±55	±87	±140	±220	±0.35	±0.55	±0.875	±1.4	±2.2	±3.5	±5.5
630	800	±5	±6.5	±9	±12.5	±18	±25	±40	±62	±100	±160	±250	±0.4	±0.625	±1	±1.6	±2.5	±4	±6.25
800	1000	±5.5	±7.5	±10.5	±14	±20	±28	±45	±70	±115	±180	±280	±0.45	±0.7	±1.15	±1.8	±2.8	±4.5	±7
1000	1250	±6.5	±9	±12	±16.5	±23.5	±33	±52	±82	±130	±210	±330	±0.525	±0.825	±1.3	±2.1	±3.3	±5.25	±8.25
1250	1600	±7.5	±10.5	±14.5	±19.5	±27.5	±39	±62	±97	±155	±250	±390	±0.625	±0.975	±1.55	±2.5	±3.9	±6.25	±9.75
1600	2000	±9	±12.5	±17.5	±23	±32.5	±46	±75	±115	±185	±300	±460	±0.75	±1.15	±1.85	±3	±4.6	±7.5	±11.5
2000	2500	±11	±15	±20.5	±27.5	±39	±55	±87	±140	±220	±350	±550	±0.875	±1.4	±2.2	±3.5	±5.5	±8.75	±14
2500	3150	±13	±18	±25	±34	±48	±67.5	±105	±165	±270	±430	±675	±1.05	±1.65	±2.7	±4.3	±6.75	±10.5	±16.5

注：1. 为避免相同值的重复，表列值以“±×”给出，可为 ES = +×、EI = −×，例如，$^{+0.23}_{-0.23}$mm。

2. IT14 ~ IT18 只用于大于 1mm 的公称尺寸。

3. 黑框中的数值，即公称尺寸大于 500 ~ 3150mm，IT1 ~ IT5 的偏差值为试用。

表 4-28 轴 j 和 k 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009） （μm）

公称尺寸/mm		j				k										
大于	至	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
—	3	±2	+4 −2	+6 −4	+8 −6	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	+140 0
3	6	+3 −2	+6 −2	+8 −4		+2.5 0	+5 +1	+6 +1	+9 +1	+13 +1	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	+180 0
6	10	+4 −2	+7 −2	+10 −5		+2.5 0	+5 +1	+7 +1	+10 +1	+16 +1	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0	+220 0
10	18	+5 −3	+8 −3	+12 −6		+3 0	+6 +1	+9 +1	+12 +1	+19 +1	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0	+270 0
18	30	+5 −4	+9 −4	+13 −8		+4 0	+8 +2	+11 +2	+15 +2	+23 +2	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0	+330 0
30	50	+6 −5	+11 −5	+15 −10		+4 0	+9 +2	+13 +2	+18 +2	+27 +2	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0	+390 0
50	80	+6 −7	+12 −7	+18 −12			+10 +2	+15 +2	+21 +2	+32 +2	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0	+460 0
80	120	+6 −9	+13 −9	+20 −15			+13 +3	+18 +3	+25 +3	+38 +3	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0	+540 0
120	180	+7 −11	+14 −11	+22 −18			+15 +3	+21 +3	+28 +3	+43 +3	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+400 0	+630 0
180	250	+7 −13	+16 −13	+25 −21			+18 +4	+24 +4	+33 +4	+50 +4	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+460 0	+720 0
250	315	+7 −16	±16	±26			+20 +4	+27 +4	+36 +4	+56 +4	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+520 0	+810 0
315	400	+7 −18	±18	+29 −28			+22 +4	+29 +4	+40 +4	+61 +4	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+570 0	+890 0
400	500	+7 −20	±20	+31 −32			+25 +5	+32 +5	+45 +5	+68 +5	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+630 0	+970 0
500	630								+44 0	+70 0	+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+700 0	+1100 0
630	800								+50 0	+80 0	+125 0	+200 0	+320 0	+500 0	+800 0	+1250 0
800	1000								+56 0	+90 0	+140 0	+230 0	+360 0	+560 0	+900 0	+1400 0
1000	1250								+66 0	+105 0	+165 0	+260 0	+420 0	+660 0	+1050 0	+1650 0
1250	1600								+78 0	+125 0	+195 0	+310 0	+500 0	+780 0	+1250 0	+1950 0
1600	2000								+92 0	+150 0	+230 0	+370 0	+600 0	+920 0	+1500 0	+2300 0
2000	2500								+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+700 0	+1100 0	+1750 0	+2800 0
2500	3150								+135 0	+210 0	+330 0	+540 0	+860 0	+1350 0	+2100 0	+3300 0

注：j5、j6 和 j7 的某些极限值与 js5、js6 和 js7 一样用“±×”表示。

表 4-29　轴 m 和 n 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		m							n						
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9
—	3	+4 +2	+5 +2	+6 +2	+8 +2	+12 +2	+16 +2	+27 +2	+6 +4	+7 +4	+8 +4	+10 +4	+14 +4	+18 +4	+29 +4
3	6	+6.5 +4	+8 +4	+9 +4	+12 +4	+16 +4	+22 +4	+34 +4	+10.5 +8	+12 +8	+13 +8	+16 +8	+20 +8	+26 +8	+38 +8
6	10	+8.5 +6	+10 +6	+12 +6	+15 +6	+21 +6	+28 +6	+42 +6	+12.5 +10	+14 +10	+16 +10	+19 +10	+25 +10	+32 +10	+46 +10
10	18	+10 +7	+12 +7	+15 +7	+18 +7	+25 +7	+34 +7	+50 +7	+15 +12	+17 +12	+20 +12	+23 +12	+30 +12	+39 +12	+55 +12
18	30	+12 +8	+14 +8	+17 +8	+21 +8	+29 +8	+41 +8	+60 +8	+19 +15	+21 +15	+24 +15	+28 +15	+36 +15	+48 +15	+67 +15
30	50	+13 +9	+16 +9	+20 +9	+25 +9	+34 +9	+48 +9	+71 +9	+21 +17	+24 +17	+28 +17	+33 +17	+42 +17	+56 +17	+79 +17
50	80		+19 +11	+24 +11	+30 +11	+41 +11				+28 +20	+33 +20	+39 +20	+50 +20		
80	120		+23 +13	+28 +13	+35 +13	+48 +13				+33 +23	+38 +23	+45 +23	+58 +23		
120	180		+27 +15	+33 +15	+40 +15	+55 +15				+39 +27	+45 +27	+52 +27	+67 +27		
180	250		+31 +17	+37 +17	+46 +17	+63 +17				+45 +31	+51 +31	+60 +31	+77 +31		
250	315		+36 +20	+43 +20	+52 +20	+72 +20				+50 +34	+57 +34	+66 +34	+86 +34		
315	400		+39 +21	+46 +21	+57 +21	+78 +21				+55 +37	+62 +37	+73 +37	+94 +37		
400	500		+43 +23	+50 +23	+63 +23	+86 +23				+60 +40	+67 +40	+80 +40	+103 +40		
500	630				+70 +26	+96 +26						+88 +44	+114 +44		
630	800				+80 +30	+110 +30						+100 +50	+130 +50		
800	1000				+90 +34	+124 +34						+112 +56	+146 +56		
1000	1250				+106 +40	+145 +40						+132 +66	+171 +66		
1250	1600				+126 +48	+173 +48						+156 +78	+203 +78		
1600	2000				+150 +58	+208 +58						+184 +92	+242 +92		
2000	2500				+178 +68	+243 +68						+220 +110	+285 +110		
2500	3150				+211 +76	+286 +76						+270 +135	+345 +135		

表 4-30　轴 P 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		p							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	+8 +6	+9 +6	+10 +6	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+31 +6	+46 +6
3	6	+14.5 +12	+16 +12	+17 +12	+20 +12	+24 +12	+30 +12	+42 +12	+60 +12
6	10	+17.5 +15	+19 +15	+21 +15	+24 +15	+30 +15	+37 +15	+51 +15	+73 +15
10	18	+21 +18	+23 +18	+26 +18	+29 +18	+36 +18	+45 +18	+61 +18	+88 +18
18	30	+26 +22	+28 +22	+31 +22	+35 +22	+43 +22	+55 +22	+74 +22	+106 +22
30	50	+30 +26	+33 +26	+37 +26	+42 +26	+51 +26	+65 +26	+88 +26	+126 +26
50	80		+40 +32	+45 +32	+51 +32	+62 +32	+78 +32		
80	120		+47 +37	+52 +37	+59 +37	+72 +37	+91 +37		
120	180		+55 +43	+61 +43	+68 +43	+83 +43	+106 +43		
180	250		+64 +50	+70 +50	+79 +50	+96 +50	+122 +50		
250	315		+72 +56	+79 +56	+88 +56	+108 +56	+137 +56		
315	400		+80 +62	+87 +62	+98 +62	+119 +62	+151 +62		
400	500		+88 +68	+95 +68	+108 +68	+131 +68	+165 +68		
500	630				+122 +78	+148 +78	+188 +78		
630	800				+138 +88	+168 +88	+213 +88		
800	1000				+156 +100	+190 +100	+240 +100		
1000	1250				+186 +120	+225 +120	+285 +120		
1250	1600				+218 +140	+265 +140	+335 +140		
1600	2000				+262 +170	+320 +170	+400 +170		
2000	2500				+305 +195	+370 +195	+475 +195		
2500	3150				+375 +240	+450 +240	+570 +240		

表 4-31　轴 r 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　（μm）

公称尺寸/mm		r							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	+12 +10	+13 +10	+14 +10	+16 +10	+20 +10	+24 +10	+35 +10	+50 +10
3	6	+17.5 +15	+19 +15	+20 +15	+23 +15	+27 +15	+33 +15	+45 +15	+63 +15
6	10	+21.5 +19	+23 +19	+25 +19	+28 +19	+34 +19	+41 +19	+55 +19	+77 +19
10	18	+26 +23	+28 +23	+31 +23	+34 +23	+41 +23	+50 +23	+66 +23	+93 +23
18	30	+32 +28	+34 +28	+37 +28	+41 +28	+49 +28	+61 +28	+80 +28	+112 +28
30	50	+38 +34	+41 +34	+45 +34	+50 +34	+59 +34	+73 +34	+96 +34	+134 +34
50	65		+49 +41	+54 +41	+60 +41	+71 +41	+87 +41		
65	80		+51 +43	+56 +43	+62 +43	+72 +43	+89 +43		
80	100		+61 +51	+66 +51	+73 +51	+86 +51	+105 +51		
100	120		+64 +54	+69 +54	+76 +54	+89 +54	+108 +54		
120	140		+75 +63	+81 +63	+88 +63	+103 +63	+126 +63		
140	160		+77 +65	+83 +65	+90 +65	+105 +65	+128 +65		
160	180		+80 +68	+86 +68	+93 +68	+108 +68	+131 +68		
180	200		+91 +77	+97 +77	+106 +77	+123 +77	+149 +77		
200	225		+94 +80	+100 +80	+109 +80	+126 +80	+152 +80		
225	250		+98 +84	+104 +84	+113 +84	+130 +84	+156 +84		
250	280		+110 +94	+117 +94	+126 +94	+146 +94	+175 +94		
280	315		+114 +98	+121 +98	+130 +98	+150 +98	+179 +98		
315	355		+126 +108	+133 +108	+144 +108	+165 +108	+197 +108		

（续）

公称尺寸/mm		r							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
355	400		+132 +114	+139 +114	+150 +114	+171 +114	+203 +114		
400	450		+146 +126	+153 +126	+166 +126	+189 +126	+223 +126		
450	500		+152 +132	+159 +132	+172 +132	+195 +132	+229 +132		
500	560				+194 +150	+220 +150	+260 +150		
560	630				+199 +155	+225 +155	+265 +155		
630	710				+225 +175	+255 +175	+300 +175		
710	800				+235 +185	+265 +185	+310 +185		
800	900				+266 +210	+300 +210	+350 +210		
900	1000				+276 +220	+310 +220	+360 +220		
1000	1120				+316 +250	+355 +250	+415 +250		
1120	1250				+326 +260	+365 +260	+425 +250		
1250	1400				+378 +300	+425 +300	+435 +300		
1400	1600				+408 +330	+455 +330	+525 +330		
1600	1800				+462 +370	+520 +370	+600 +370		
1800	2000				+492 +400	+550 +400	+630 +400		
2000	2240				+550 +440	+615 +440	+720 +440		
2240	2500				+570 +460	+635 +460	+740 +460		
2500	2800				+685 +550	+760 +550	+880 +550		
2800	3150				+715 +580	+790 +580	+910 +580		

表 4-32　轴 s 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　（μm）

公称尺寸/mm		s							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	+16 +14	+17 +14	+18 +14	+20 +14	+24 +14	+28 +24	+39 +14	+54 +14
3	6	+21.5 +19	+23 +19	+24 +19	+27 +19	+31 +19	+37 +19	+49 +19	+67 +19
6	10	+25.5 +23	+27 +23	+29 +23	+32 +23	+38 +23	+45 +23	+59 +23	+81 +23
10	18	+31 +28	+33 +28	+36 +28	+39 +28	+46 +28	+55 +28	+71 +28	+98 +28
18	30	+39 +25	+41 +35	+44 +35	+48 +35	+56 +35	+68 +35	+87 +35	+119 +35
30	50	+47 +43	+50 +43	+54 +43	+59 +43	+68 +43	+82 +43	+105 +43	+143 +43
50	65		+61 +53	+66 +53	+72 +53	+83 +53	+99 +53	+127 +53	
65	80		+67 +59	+72 +59	+78 +59	+89 +59	+105 +59	+133 +59	
80	100		+81 +71	+86 +71	+93 +71	+106 +71	+125 +71	+158 +71	
100	120		+89 +79	+94 +79	+101 +79	+114 +79	+133 +79	+166 +79	
120	140		+104 +92	+110 +92	+117 +92	+132 +92	+155 +92	+192 +92	
140	160		+112 +100	+118 +100	+125 +100	+140 +100	+163 +100	+200 +100	
160	180		+120 +108	+126 +108	+133 +108	+148 +108	+171 +108	+208 +108	
180	200		+136 +122	+142 +122	+151 +122	+168 +122	+194 +122	+237 +122	
200	225		+144 +130	+150 +130	+159 +130	+176 +130	+202 +130	+245 +130	
225	250		+154 +140	+160 +140	+169 +140	+186 +140	+212 +140	+255 +140	
250	280		+174 +158	+181 +158	+190 +158	+210 +158	+239 +158	+288 +158	
280	315		+186 +170	+193 +170	+202 +170	+222 +170	+251 +170	+300 +170	
315	355		+208 +190	+215 +190	+226 +190	+247 +190	+279 +190	+330 +190	

（续）

公称尺寸/mm		s							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10
355	400		+226 +208	+233 +208	+244 +208	+265 +208	+297 +208	+348 +208	
400	450		+252 +232	+259 +232	+272 +232	+295 +232	+329 +232	+387 +232	
450	500		+272 +252	+279 +252	+292 +252	+315 +252	+349 +252	+407 +252	
500	560				+324 +280	+350 +280	+390 +280		
560	630				+354 +310	+380 +310	+420 +310		
630	710				+390 +340	+420 +340	+465 +340		
710	800				+430 +380	+460 +380	+505 +380		
800	900				+486 +430	+520 +430	+570 +430		
900	1000				+526 +470	+560 +470	+610 +470		
1000	1120				+586 +520	+625 +520	+685 +520		
1120	1250				+646 +580	+685 +580	+745 +580		
1250	1400				+718 +640	+765 +640	+835 +640		
1400	1600				+798 +720	+845 +720	+915 +720		
1600	1800				+912 +820	+970 +820	+1050 +820		
1800	2000				+1012 +920	+1070 +920	+1150 +920		
2000	2240				+1110 +1000	+1175 +1000	+1280 +1000		
2240	2500				+1210 +1100	+1275 +1100	+1380 +1100		
2500	2800				+1385 +1250	+1460 +1250	+1580 +1250		
2800	3150				+1535 +1400	+1610 +1400	+1730 +1400		

表 4-33　轴 t 和 u 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　（μm）

公称尺寸/mm		t				u				
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9
—	3					+22 +18	+24 +18	+28 +18	+32 +18	+43 +18
3	6					+28 +23	+31 +23	+35 +23	+41 +23	+53 +23
6	10					+34 +28	+37 +28	+43 +28	+50 +28	+64 +28
10	18					+41 +33	+44 +33	+51 +33	+60 +33	+76 +33
18	24					+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41	+93 +41
24	30	+50 +41	+54 +41	+62 +41	+74 +41	+57 +48	+61 +48	+69 +48	+81 +48	+100 +48
30	40	+59 +48	+64 +48	+73 +48	+87 +48	+71 +60	+76 +60	+85 +60	+99 +60	+122 +60
40	50	+65 +54	+70 +54	+79 +54	+93 +54	+81 +70	+86 +70	+95 +70	+109 +70	+132 +70
50	65	+79 +66	+85 +66	+96 +66	+112 +66	+100 +87	+106 +87	+117 +87	+133 +87	+161 +87
65	80	+88 +75	+94 +75	+105 +75	+121 +75	+115 +102	+121 +102	+132 +102	+148 +102	+176 +102
80	100	+106 +91	+113 +91	+126 +91	+145 +91	+139 +124	+146 +124	+159 +124	+178 +124	+211 +124
100	120	+119 +104	+126 +104	+139 +104	+158 +104	+159 +144	+166 +144	+179 +144	+198 +144	+231 +144
120	140	+140 +122	+147 +122	+162 +122	+185 +122	+188 +170	+195 +170	+210 +170	+233 +170	+270 +170
140	160	+152 +134	+159 +134	+174 +134	+197 +134	+208 +190	+215 +190	+230 +190	+253 +190	+290 +190
160	180	+164 +146	+171 +146	+186 +146	+209 +146	+228 +210	+235 +210	+250 +210	+273 +210	+310 +210
180	200	+186 +166	+195 +166	+212 +166	+238 +166	+256 +236	+265 +236	+282 +236	+308 +236	+351 +236
200	225	+200 +180	+209 +180	+226 +180	+252 +180	+278 +258	+287 +258	+304 +258	+330 +258	+373 +258
225	250	+216 +196	+225 +196	+242 +196	+268 +196	+304 +284	+313 +284	+330 +284	+356 +284	+399 +284
250	280	+241 +218	+250 +218	+270 +218	+299 +218	+338 +315	+347 +315	+367 +315	+396 +315	+445 +315
280	315	+263 +240	+272 +240	+292 +240	+321 +240	+373 +350	+382 +350	+402 +350	+431 +350	+480 +350

（续）

公称尺寸/mm		t				u				
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9
315	355	+293 +268	+304 +268	+325 +268	+357 +268	+415 +390	+426 +390	+447 +390	+479 +390	+530 +390
355	400	+319 +294	+330 +294	+351 +294	+383 +294	+460 +435	+471 +435	+492 +435	+524 +435	+575 +435
400	450	+357 +330	+370 +330	+393 +330	+427 +330	+517 +490	+530 +490	+553 +490	+587 +490	+645 +490
450	500	+387 +360	+400 +360	+423 +360	+457 +360	+567 +540	+580 +540	+603 +540	+637 +540	+695 +540
500	560		+444 +400	+470 +400			+644 +600	+670 +600	+710 +600	
560	630		+494 +450	+520 +450			+704 +660	+730 +660	+770 +660	
630	710		+550 +500	+580 +500			+790 +740	+820 +740	+865 +740	
710	800		+610 +560	+640 +560			+890 +840	+920 +840	+965 +840	
800	900		+676 +620	+710 +620			+996 +940	+1030 +940	+1080 +940	
900	1000		+736 +680	+770 +680			+1106 +1050	+1140 +1050	+1190 +1050	
1000	1120		+846 +780	+885 +780			+1216 +1150	+1255 +1150	+1315 +1150	
1120	1250		+906 +840	+945 +840			+1366 +1300	+1405 +1300	+1465 +1300	
1250	1400		+1038 +960	+1085 +960			+1528 +1450	+1575 +1450	+1645 +1450	
1400	1600		+1128 +1050	+1175 +1050			+1678 +1600	+1725 +1600	+1795 +1600	
1600	1800		+1292 +1200	+1350 +1200			+1942 +1850	+2000 +1850	+2080 +1850	
1800	2000		+1442 +1350	+1500 +1350			+2092 +2000	+2150 +2000	+2230 +2000	
2000	2240		+1610 +1500	+1675 +1500			+2410 +2300	+2475 +2300	+2580 +2300	
2240	2500		+1760 +1650	+1825 +1650			+2610 +2500	+2675 +2500	+2780 +2500	
2500	2800		+2035 +1900	+2110 +1900			+3035 +2900	+3110 +2900	+3230 +2900	
2800	3150		+2235 +2100	+2310 +2100			+3335 +3200	+3410 +3200	+3530 +3200	

注：公称尺寸至24mm的t5～t8的偏差值未列入表内，建议以u5～u8代替。如非要t5～t8，则可按GB/T 1800.1计算。

表 4-34　轴 v、x 和 y 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		v				x						y				
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
—	3					+24 +20	+26 +20	+30 +20	+34 +20	+45 +20	+60 +20					
3	6					+33 +28	+36 +28	+40 +28	+46 +28	+58 +28	+76 +28					
6	10					+40 +34	+43 +34	+49 +34	+56 +34	+70 +34	+92 +34					
10	14					+48 +40	+51 +40	+58 +40	+67 +40	+83 +40	+110 +40					
14	18	+47 +39	+50 +39	+57 +39	+66 +39	+53 +45	+56 +45	+63 +45	+72 +45	+88 +45	+115 +45					
18	24	+56 +47	+60 +47	+68 +47	+80 +47	+63 +54	+67 +54	+75 +54	+87 +54	+106 +54	+138 +54	+76 +63	+84 +63	+96 +63	+115 +63	+147 +63
24	30	+64 +55	+68 +55	+76 +55	+88 +55	+73 +64	+77 +64	+85 +64	+97 +64	+116 +64	+148 +64	+88 +75	+96 +75	+108 +75	+127 +75	+159 +75
30	40	+79 +68	+84 +68	+93 +68	+107 +68	+91 +80	+96 +80	+105 +80	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+110 +94	+119 +94	+133 +94	+156 +94	+194 +94
40	50	+92 +81	+97 +81	+106 +81	+120 +81	+108 +97	+113 +97	+122 +97	+136 +97	+159 +97	+197 +97	+130 +114	+139 +114	+153 +114	+176 +114	+214 +114
50	65	+115 +102	+121 +102	+132 +102	+148 +102	+135 +122	+141 +122	+152 +122	+168 +122	+196 +122	+242 +122	+163 +144	+174 +144	+190 +144		
65	80	+133 +120	+139 +120	+150 +120	+166 +120	+159 +146	+165 +146	+176 +146	+192 +146	+220 +146	+266 +146	+193 +174	+204 +174	+220 +174		
80	100	+161 +146	+168 +146	+181 +146	+200 +146	+193 +178	+200 +178	+213 +178	+232 +178	+265 +178	+318 +178	+236 +214	+249 +214	+268 +214		
100	120	+187 +172	+194 +172	+207 +172	+226 +172	+225 +210	+232 +210	+245 +210	+264 +210	+297 +210	+350 +210	+276 +254	+289 +254	+308 +254		
120	140	+220 +202	+227 +202	+242 +202	+265 +202	+266 +248	+273 +248	+288 +248	+311 +248	+348 +248	+408 +248	+325 +300	+340 +300	+363 +300		
140	160	+246 +228	+253 +228	+268 +228	+291 +228	+298 +280	+305 +280	+320 +280	+343 +280	+380 +280	+440 +280	+365 +340	+380 +340	+403 +340		
160	180	+270 +252	+277 +252	+292 +252	+315 +252	+328 +310	+335 +310	+350 +310	+373 +310	+410 +310	+470 +310	+405 +380	+420 +380	+443 +380		
180	200	+304 +284	+313 +284	+330 +284	+356 +284	+370 +350	+379 +350	+396 +350	+422 +350	+465 +350	+535 +350	+454 +425	+471 +425	+497 +425		
200	225	+330 +310	+339 +310	+356 +310	+382 +310	+405 +385	+414 +385	+431 +385	+457 +385	+500 +385	+570 +385	+499 +470	+516 +470	+542 +470		
225	250	+360 +340	+369 +340	+386 +340	+412 +340	+445 +425	+454 +425	+471 +425	+497 +425	+540 +425	+610 +425	+549 +520	+566 +520	+592 +520		
250	280	+408 +385	+417 +385	+437 +385	+466 +385	+498 +475	+507 +475	+527 +475	+556 +475	+605 +475	+685 +475	+612 +580	+632 +580	+661 +580		
280	315	+448 +425	+457 +425	+477 +425	+506 +425	+548 +525	+557 +525	+577 +525	+606 +525	+655 +525	+735 +525	+682 +650	+702 +650	+731 +650		
315	355	+500 +475	+511 +475	+532 +475	+564 +475	+615 +590	+626 +590	+647 +590	+679 +590	+730 +590	+820 +590	+766 +730	+787 +730	+819 +730		
355	400	+555 +530	+566 +530	+587 +530	+619 +530	+685 +660	+696 +660	+717 +660	+749 +660	+800 +660	+890 +660	+856 +820	+877 +820	+909 +820		
400	450	+622 +595	+635 +595	+658 +595	+692 +595	+767 +740	+780 +740	+803 +740	+837 +740	+895 +740	+990 +740	+960 +920	+983 +920	+1017 +920		
450	500	+687 +660	+700 +660	+723 +660	+757 +660	+847 +820	+860 +820	+883 +820	+917 +820	+975 +820	+1070 +820	+1040 +1000	+1063 +1000	+1097 +1000		

注：1. 公称尺寸至 14mm 的 v5 ~ v8 的偏差值未列入表内，建议以 x5 ~ x8 代替。如非要 v5 ~ v8，则可按 GB/T 1800.1 计算。

2. 公称尺寸至 18mm 的 y6 ~ y10 的偏差值未列入表内，建议以 z6 ~ z10 代替。如非要 y6 ~ y10，则可按 GB/T 1800.1计算。

表 4-35 轴 z 和 za 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009） （μm）

公称尺寸/mm		z						za					
大于	至	6	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	11
—	3	+32 +26	+36 +26	+40 +26	+51 +26	+66 +26	+86 +26	+38 +32	+42 +32	+46 +32	+57 +32	+72 +32	+92 +32
3	6	+43 +35	+47 +35	+53 +35	+65 +35	+83 +35	+110 +35	+50 +42	+54 +42	+60 +42	+72 +42	+90 +42	+117 +42
6	10	+51 +42	+57 +42	+64 +42	+78 +42	+100 +42	+132 +42	+61 +52	+67 +52	+74 +52	+88 +52	+110 +52	+142 +52
10	14	+61 +50	+68 +50	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+160 +50	+75 +64	+82 +64	+91 +64	+107 +64	+134 +64	+174 +64
14	18	+71 +60	+78 +60	+87 +60	+103 +60	+130 +60	+170 +60	+88 +77	+95 +77	+104 +77	+120 +77	+147 +77	+187 +77
18	24	+86 +73	+94 +73	+106 +73	+125 +73	+157 +73	+203 +73	+111 +98	+119 +98	+131 +98	+150 +98	+182 +98	+228 +98
24	30	+101 +88	+109 +88	+121 +88	+140 +88	+172 +88	+218 +88	+131 +118	+139 +118	+151 +118	+170 +118	+202 +118	+248 +118
30	40	+128 +112	+137 +112	+151 +112	+174 +112	+212 +112	+272 +112	+164 +148	+173 +148	+187 +148	+210 +148	+248 +148	+308 +148
40	50	+152 +136	+161 +136	+175 +136	+198 +136	+236 +136	+296 +136	+196 +180	+205 +180	+219 +180	+242 +180	+280 +180	+340 +180
50	65	+191 +172	+202 +172	+218 +172	+246 +172	+292 +172	+362 +172	+245 +226	+256 +226	+272 +226	+300 +226	+346 +226	+416 +226
65	80	+229 +210	+240 +210	+256 +210	+284 +210	+330 +210	+400 +210	+293 +274	+304 +274	+320 +274	+348 +274	+394 +274	+464 +274
80	100	+280 +258	+293 +258	+312 +258	+345 +258	+398 +258	+478 +258	+357 +335	+370 +335	+389 +335	+422 +335	+475 +335	+555 +335
100	120	+332 +310	+345 +310	+364 +310	+397 +310	+450 +310	+530 +310	+422 +400	+435 +400	+454 +400	+487 +400	+540 +400	+620 +400
120	140	+390 +365	+405 +365	+428 +365	+465 +365	+525 +365	+615 +365	+495 +470	+510 +470	+533 +470	+570 +470	+630 +470	+720 +470
140	160	+440 +415	+455 +415	+478 +415	+515 +415	+575 +415	+665 +415	+560 +535	+575 +535	+598 +535	+635 +535	+695 +535	+785 +535
160	180	+490 +465	+505 +465	+528 +465	+565 +465	+625 +465	+715 +465	+625 +600	+640 +600	+663 +600	+700 +600	+760 +600	+850 +600
180	200	+549 +520	+566 +520	+592 +520	+635 +520	+705 +520	+810 +520	+699 +670	+716 +670	+742 +670	+785 +670	+855 +670	+960 +670
200	225	+604 +575	+621 +575	+647 +575	+690 +575	+760 +575	+865 +575	+769 +740	+786 +740	+812 +740	+855 +740	+925 +740	+1030 +740
225	250	+669 +640	+686 +640	+712 +640	+755 +640	+825 +640	+930 +640	+849 +820	+866 +820	+892 +820	+935 +820	+1005 +820	+1110 +820
250	280	+742 +710	+762 +710	+791 +710	+840 +710	+920 +710	+1030 +710	+952 +920	+972 +920	+1001 +920	+1050 +920	+1130 +920	+1240 +920
280	315	+822 +790	+842 +790	+871 +790	+920 +790	+1000 +790	+1110 +790	+1032 +1000	+1052 +1000	+1081 +1000	+1130 +1000	+1210 +1000	+1320 +1000
315	355	+936 +900	+957 +900	+989 +900	+1040 +900	+1130 +900	+1260 +900	+1186 +1150	+1207 +1150	+1239 +1150	+1290 +1150	+1380 +1150	+1510 +1150
355	400	+1036 +1000	+1057 +1000	+1089 +1000	+1140 +1000	+1230 +1000	+1360 +1000	+1336 +1300	+1357 +1300	+1389 +1300	+1440 +1300	+1530 +1300	+1660 +1300
400	450	+1140 +1100	+1163 +1100	+1197 +1100	+1255 +1100	+1350 +1100	+1500 +1100	+1490 +1450	+1513 +1450	+1547 +1450	+1605 +1450	+1700 +1450	+1850 +1450
450	500	+1290 +1250	+1313 +1250	+1347 +1250	+1405 +1250	+1500 +1250	+1650 +1250	+1640 +1600	+1663 +1600	+1697 +1600	+1755 +1600	+1850 +1600	+2000 +1600

表 4-36　轴 zb 和 zc 的极限偏差（摘自 GB/T 1800.2—2009）　　（μm）

公称尺寸/mm		zb					zc				
大于	至	7	8	9	10	11	7	8	9	10	11
—	3	+50 +40	+54 +40	+65 +40	+80 +40	+100 +40	+70 +60	+74 +60	+85 +60	+100 +60	+120 +60
3	6	+62 +50	+68 +50	+80 +50	+98 +50	+125 +50	+92 +80	+98 +80	+110 +80	+128 +80	+155 +80
6	10	+82 +67	+89 +67	+103 +67	+125 +67	+157 +67	+112 +97	+119 +97	+133 +97	+155 +97	+187 +97
10	14	+108 +90	+117 +90	+133 +90	+160 +90	+200 +90	+148 +130	+157 +130	+173 +130	+200 +130	+240 +130
14	18	+126 +108	+135 +108	+151 +108	+178 +108	+218 +108	+168 +150	+177 +150	+193 +150	+220 +150	+260 +150
18	24	+157 +136	+169 +136	+188 +136	+220 +136	+266 +136	+209 +188	+221 +188	+240 +188	+272 +188	+318 +188
24	30	+181 +160	+193 +160	+212 +160	+244 +160	+290 +160	+239 +218	+251 +218	+270 +218	+302 +218	+348 +218
30	40	+225 +200	+239 +200	+262 +200	+300 +200	+360 +200	+299 +274	+313 +274	+336 +274	+374 +274	+434 +274
40	50	+267 +242	+281 +242	+304 +242	+342 +242	+402 +242	+350 +325	+364 +325	+387 +325	+425 +325	+485 +325
50	65	+330 +300	+346 +300	+374 +300	+420 +300	+490 +300	+435 +405	+451 +405	+479 +405	+525 +405	+595 +405
65	80	+390 +360	+406 +360	+434 +360	+480 +360	+550 +360	+510 +480	+526 +480	+554 +480	+600 +480	+670 +480
80	100	+480 +445	+499 +445	+532 +445	+585 +445	+665 +445	+620 +585	+639 +585	+672 +585	+725 +585	+805 +585
100	120	+560 +525	+579 +525	+612 +525	+665 +525	+745 +525	+725 +690	+744 +690	+777 +690	+830 +690	+910 +690
120	140	+660 +620	+683 +620	+720 +620	+780 +620	+870 +620	+840 +800	+863 +800	+900 +800	+960 +800	+1050 +800
140	160	+740 +700	+763 +700	+800 +700	+860 +700	+950 +700	+940 +900	+963 +900	+1000 +900	+1060 +900	+1150 +900
160	180	+820 +780	+843 +780	+880 +780	+940 +780	+1030 +780	+1040 +1000	+1063 +1000	+1100 +1000	+1160 +1000	+1250 +1000
180	200	+926 +880	+952 +880	+995 +880	+1065 +880	+1170 +880	+1196 +1150	+1222 +1150	+1265 +1150	+1335 +1150	+1440 +1150
200	225	+1006 +960	+1032 +960	+1075 +960	+1145 +960	+1250 +960	+1296 +1250	+1322 +1250	+1365 +1250	+1435 +1250	+1540 +1250
225	250	+1096 +1050	+1122 +1050	+1165 +1050	+1235 +1050	+1340 +1050	+1396 +1350	+1422 +1350	+1465 +1350	+1535 +1350	+1640 +1350
250	280	+1252 +1200	+1281 +1200	+1330 +1200	+1410 +1200	+1520 +1200	+1602 +1550	+1631 +1550	+1680 +1550	+1760 +1550	+1870 +1550
280	315	+1352 +1300	+1381 +1300	+1430 +1300	+1510 +1300	+1620 +1300	+1752 +1700	+1781 +1700	+1830 +1700	+1910 +1700	+2020 +1700
315	355	+1557 +1500	+1589 +1500	+1640 +1500	+1730 +1500	+1860 +1500	+1957 +1900	+1989 +1900	+2040 +1900	+2130 +1900	+2260 +1900
355	400	+1707 +1650	+1739 +1650	+1790 +1650	+1880 +1650	+2010 +1650	+2157 +2100	+2189 +2100	+2240 +2100	+2330 +2100	+2460 +2100
400	450	+1913 +1850	+1947 +1850	+2005 +1850	+2100 +1850	+2250 +1850	+2463 +2400	+2497 +2400	+2555 +2400	+2650 +2400	+2800 +2400
450	500	+2163 +2100	+2197 +2100	+2255 +2100	+2350 +2100	+2500 +2100	+2663 +2600	+2697 +2600	+2755 +2600	+2850 +2600	+3000 +2600

4.1.5　孔、轴公差带

1. 孔的公差带

（1）公称尺寸至 18mm 的孔的公差带

GB/T 1803—2003 中规定了基本尺寸至 18mm 的孔的公差带（图 4-18）。

										H1		JS1													
										H2		JS2													
						EF3	F3	FG3	G3	H3		JS3	K3	M3	N3	P3	R3								
						EF4	F4	FG4	G4	H4		JS4	K4	M4	N4	P4	R4								
					E5	EF5	F5	FG5	G5	H5		JS5	K5	M5	N5	P5	R5	S5							
			CD6	D6	E6	EF6	F6	FG6	G6	H6	J6	JS6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	U6	V6	X6	Z6			
			CD7	D7	E7	EF7	F7	FG7	G7	H7	J7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	U7	V7	X7	Z7	ZA7	ZB7	ZC7
	B8	C8	CD8	D8	E8	EF8	F8	FG8	G8	H8	J8	JS8	K8	M8	N8	P8	R8	S8	U8	V8	X8	Z8	ZA8	ZB8	ZC8
A9	B9	C9	CD9	D9	E9	EF9	F9	FG9	G9	H9		JS9	K9	M9	N9	P9	R9	S9	U9		X9	Z9	ZA9	ZB9	XC9
A10	B10	C10	CD10	D10	E10	EF10				H10		JS10			N10										
A11	B11	C11		D11						H11		JS11													
A12	B12	C12								H12		JS12													
										H13		JS13													

图 4-18　基本尺寸至 18mm 孔的公差带

（2）公称尺寸至 500mm 的孔的公差带

GB/T 1800. 2—2009 中规定了基本尺寸至 500mm 的孔的公差带（图 4-19）。

										H1	JS1																
										H2	JS2																
						EF3	F3	FG3	G3	H3	JS3		K3	M3	N3	P3	R3	S3									
						EF4	F4	FG4	G4	H4	JS4		K4	M4	N4	P4	R4	S4									
					E5	EF5	F5	FG5	G5	H5	JS5		K5	M5	N5	P5	R5	S5	T5	U5	V5	X5	Y5				
			CD6	D6	E6	EF6	F6	FG6	G6	H6	JS6	J6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6	U6	V6	X6	Y6	Z6	ZA6	ZB6	ZC6
			CD7	D7	E7	EF7	F7	FG7	G7	H7	JS7	J7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7	V7	X7	Y7	Z7	ZA7	ZB7	ZC7
	B8	C8	CD8	D8	E8	EF8	F8	FG8	G8	H8	JS8	J8	K8	M8	N8	P8	R8	S8	T8	U8	V8	X8	Y8	Z8	ZA8	ZB8	ZC8
A9	B9	C9	CD8	D9	E9	EF9	F9	FG9	G9	H9	JS9		K9	M9	N9	P9	R9	S9		U9		X9	Y9	Z9	ZA9	ZB9	ZC9
A10	B10	C10	CD10	D10	E10	EF10	F10	FG10	G10	H10	JS10		K10	M10	N10	P10	R10	S10		U10		X10	Y10	Z10	ZA10	ZB10	ZC10
A11	B11	C11		D11						H11	JS11				N11									Z11	ZA11	ZB11	ZC11
A12	B12	C12		D12						H12	JS12																
A13	B13	C13		D13						H13	JS13																
										H14	JS14																
										H15	JS15																
										H16	JS16																
										H17	JS17																
										H18	JS18																

图 4-19　公称尺寸至 500mm 孔的公差带

（3）公称尺寸 500mm 至 3150mm 的孔的公差带

GB/T 1800. 2—2009 中规定了公称尺寸 500mm 至 3150mm 的孔的公差带（图 4-20）。

2. 轴的公差带

（1）公称尺寸至 18mm 的轴的公差带

GB/T 1803—2003 中规定了公称尺寸至 500mm 的轴的公差带（图 4-21）。

					H1	JS1							
					H2	JS2							
					H3	JS3							
					H4	JS4							
					H5	JS5							
D6	E6	F6	G6		H6	JS6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6 U6
D7	E7	F7	G7		H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7 U7
D8	E8	F8	G8		H8	JS8	K8	M8	N8	P8	R8	S8	T8 U8
D9	E9	F9			H9	JS9			N9	P9			
D10	E10				H10	JS10							
D11					H11	JS11							
D12					H12	JS12							
D13					H13	JS13							
					H14	JS14							
					H15	JS15							
					H16	JS16							
					H17	JS17							
					H18	JS18							

图 4-20　公称尺寸 500mm 至 3150mm 孔的公差带

											h1		js1											
											h2		js2											
							ef3	f3	fg3	g3	h3		js3	k3	m3	n3	p3	r3						
							ef4	f4	fg4	g4	h4		js4	k4	m4	n4	p4	r4	s4					
		c5	cd5	d5	e5		ef5	f5	fg5	g5	h5	j5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	u5	v5	x5	z5	
		c6	cd6	d6	e6		ef6	f6	fg6	g6	h6	j6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	u6	v6	x6	z6	za6
		c7	cd7	d7	e7		ef7	f7	fg7	g7	h7	j7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	u7	v7	x7	z7	za7	zb7 zc7
	b8	c8	cd8	d8	e8		ef8	f8	fg8	g8	h8		js8	k8	m8	n8	p8	r8	s8	u8	v8	x8	z8	za8	zb8 zc8
a9	b9	c9	cd9	d9	e9		ef9	f9	fg9	g9	h9		js9	k9	m9	n9	p9	r9	s9	u9		x9	z9	za9	zb9 zc9
a10	b10	c10	cd10	d10	e10		ef10	f10			h10		js10	k10										
a11	b11	c11		d11							h11		js11											
a12	b12	c12									h12		js12											
a13	b13	c13									h13		js13											

图 4-21　公称尺寸至 18mm 轴的公差带

（2）公称尺寸至 500mm 的轴的公差带

GB/T 1800. 2—2009 中规定了公称尺寸至 500mm 的轴的公差带（图 4-22）。

												h1	js1															
												h2	js2															
								ef3	f3	fg3	g3	h3	js3		k3	m3	n3	p3	r3	s3								
								ef4	f4	fg4	g4	h4	js4		k4	m4	n4	p4	r4	s4								
			cd5	d5	e5			ef5	f5	fg5	g5	h5	js5		k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5	u5	v5	x5				
			cd6	d6	e6			ef6	f6	fg6	g6	h6	js6	j6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	v6	x6	y6	z6	za6	
			cd7	d7	e7			ef7	f7	fg7	g7	h7	js7	j7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7	v7	x7	y7	z7	za7	zb7 zc7
		c8	cd8	d8	e8			ef8	f8	fg8	g8	h8	js8	j8	k8	m8	n8	p8	r8	s8	t8	u8	v8	x8	y8	z8	za8	zb8 zc8
a9	b9	c9	cd9	d9	e9			ef9	f9	fg9	g9	h9	js9	j9	k9	m9	n9	p9	r9	s9		u9		x9	y9	z9	za9	zb9 zc9
a10	b10	c10	cd10	d10	e10			ef10	f10	fg10	g10	h10	js10		k10			p10	r10	s10				x10	y10	z10	za10	zb10 zc10
a11	b11	c11		d11								h11	js11		k11												z11	za11 zb11 zc11
a12	b12	c12		d12								h12	js12		k12													
a13	b13			d13								h13	js13		k13													
												h14	js14															
												h15	js15															
												h16	js16															
												h17	js17															
												h18	js18															

图 4-22　公称尺寸至 500mm 轴的公差带

（3）公称尺寸 500mm 至 3150mm 的轴的公差带

GB/T 1800.2—2009 中规定了公称尺寸 500mm 至 3150mm 的轴的公差带（图 4-23）。

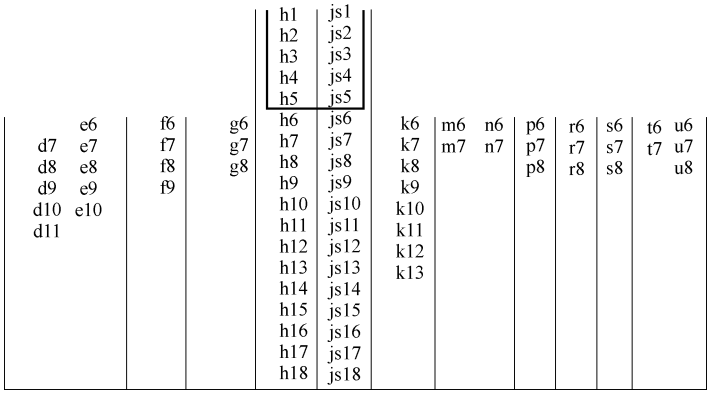


图 4-23　公称尺寸 500mm 至 3150mm 孔的公差带

4.1.6　基孔制与基轴制优先和常用配合

1. 基孔制优先和常用配合

基孔制优先和常用配合见表 4-37。

2. 基轴制优先和常用配合

基轴制优先和常用配合见表 4-38。

表 4-37　基孔制优先和常用配合（摘自 GB/T 1801—2009）

基准孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间隙配合							过渡配合							过盈配合						
H6						H6/f5	H6/g5	H6/h5	H6/js5	H6/k5	H6/m5	H6/n5	H6/p5	H6/r5	H6/s5	H6/t5					
H7						H7/f6	H7/g6	H7/h6	H7/js6	H7/k6	H7/m6	H7/n6	H7/p6	H7/r6	H7/s6	H7/t6	H7/u6	H7/v6	H7/x6	H7/y6	H7/z6
H8					H8/e7	H8/f7	H8/g7	H8/h7	H8/js7	H8/k7	H8/m7	H8/n7	H8/p7	H8/r7	H8/s7	H8/t7	H8/u7				
				H8/d8	H8/e8	H8/f8		H8/h8													
H9			H9/c9	H9/d9	H9/e9	H9/f9		H9/h9													
H10			H10/c10	H10/d10				H10/h10													
H11	H11/a11	H11/b11	H11/c11	H11/d11				H11/h11													
H12		H12/b12						H12/h12													

注：1. $\frac{H6}{n5}$、$\frac{H7}{p6}$在公称尺寸不大于 3mm 和$\frac{H8}{r7}$在不大于 100mm 时，为过渡配合。

2. 标注◤的配合为优先配合。

表 4-38　基轴制优先和常用配合（摘自 GB/T 1801—2009）

基准轴	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	间隙配合							过渡配合							过盈配合						
h5						F6/h5	G6/h5	H6/h5	JS6/h5	K6/h5	M6/h5	N6/h5	P6/h5	R6/h5	S6/h5	T6/h5					
h6						F7/h6	◤G7/h6	◤H7/h6	JS7/h6	◤K7/h6	M7/h6	◤N7/h6	◤P7/h6	R7/h6	◤S7/h6	T7/h6	◤U7/h6				
h7					E8/h7	◤F8/h7		◤H8/h7	JS8/h7	K8/h7	M8/h7	N8/h7									
h8				D8/h8	E8/h8	F8/h8		H8/h8													
h9				◤D9/h9	E9/h9	F9/h9		◤H9/h9													
h10				D10/h10				H10/h10													
h11	A11/h11	◤B11/h11	C11/h11	D11/h11				◤H11/h11													
h12		B12/h12						H12/h12													

注：标注◤的配合为优先配合。

4.1.7　配制配合

公称尺寸为 500 ~ 3150mm 的配合一般采用基孔制的孔、轴同级配合。根据零件制造的特点，可采用配制配合。配制配合是以一个零件的实际尺寸为基数来配制另一个零件的一种工艺措施，一般用于公差等级较高、单件小批量生产大尺寸的配合零件。

对配制配合的零件一般要求如下：

1）先按互换性生产选取配合，配制的结果应满足此配合要求。

2）选择较难加工、但能得到较高测量精度的零件（一般为孔）作为先加工件，给定较易达到的公差或按线性尺寸的未注公差加工。

3）配制件（多为轴）的公差可按所定的配合公差选取，所以配制件的公差比采用互换性生产时单个零件的公差要宽，配制件的偏差和极限尺寸以先加工件的实际尺寸为公称尺寸来确定。

4）配制配合是关于尺寸极限方面的技术规定，不涉及其他技术要求，零件的形状和位置公差、表面粗糙度等不因采用配制配合而降低。

5）配制配合应采用尺寸互相比较的测量方法，在同样的条件下测量，使用同一基准装置或校对量具，由同一组计量人员进行测量等，以提高测量精度。

在图样上用代号 MF 表示配制配合，借用基准孔的基本偏差代号 H 或基准轴的基本偏差代号表示先加工件。

4.1.8 公差与配合的选择和应用

1. 公差等级选择

公差等级的选择有一个基本原则，就是在能够满足使用要求的前提下，应尽量选择较低的公差等级。

2. 配合的选择

（1）配合制的选择

合理地选择配合制不仅可以降低生产成本，提高质量，还可以提高生产率等，因此应该综合考虑来选择配合制。

1）一般情况下优先选择基孔制配合，以减少定值刀具和量具的种类和规格。

2）当选用带有一定公差等级的冷拉钢材为原材料时应选用基轴制配合。

3）由于结构原因，同一轴上装配有多个配合性质不同的零件时应该选用基轴制配合。

4）对于精密轴来说其加工比精密孔加工更困难，应采用基轴制配合较经济。

5）与标准件或标准部件配合的孔或轴，必须以标准件为基准件来选择配合制。

6）在一些经常拆卸和精度要求不高的特殊场合可以采用非基准制。

（2）配合类别的选择

配合有间隙配合、过渡配合和过盈配合三个类别，配合类别的选择应根据使用要求来确定。当相配合的轴、孔有相对运动时应选间隙配合；当相配合的轴、孔无相对运动，不经常拆卸，需要传递较大的转矩时应选过盈配合；当相配合的轴、孔无相对运动，需要经常拆卸优先选择过渡配合。

（3）配合代号的选择

配合代号的选择应在确定配合制和公差等级之后，来确定与基准件相配合的孔或轴的基本偏差代号。

在机械设计选用配合时，根据国家标准的规定，首先应该选择优先配合，不能满足使用要求的情况下再选择常用配合。

3. 公差带的选择

（1）孔的公差带选择

GB/T 1801—2009 规定了孔相应的公差带。

公称尺寸至 500mm 的孔的常用和优先公差带见图 4-24。

选择时应优先选择圆圈中的公差带，其次选用方框中的公差带，最后选用其他公差带。

公称尺寸 500～3150mm 的孔的常用公差带见图 4-25。

（2）轴的公差带选择

GB/T 1801—2009 规定了轴相应的公差带。

公称尺寸至 500mm 的轴的常用和优先公差带见图 4-26。

公称尺寸 500～3150mm 的轴的常用公差带见图 4-27。

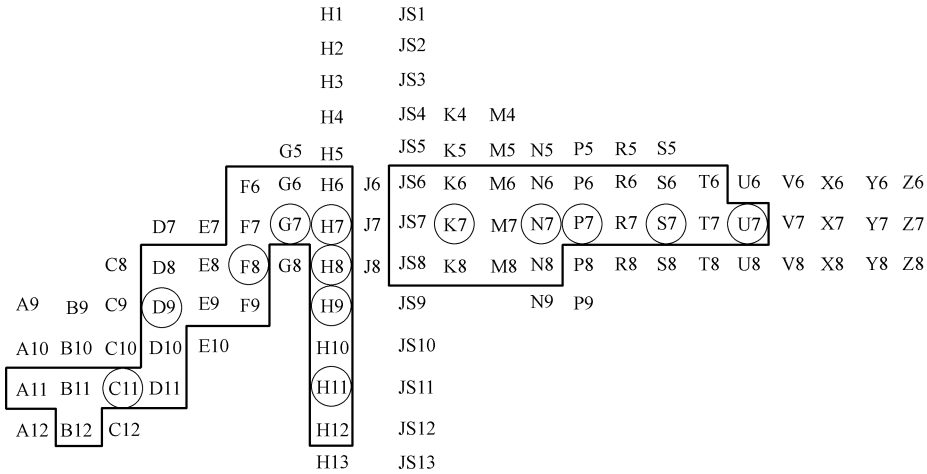


图 4-24　基本尺寸至 500mm 孔的常用和优先公差带

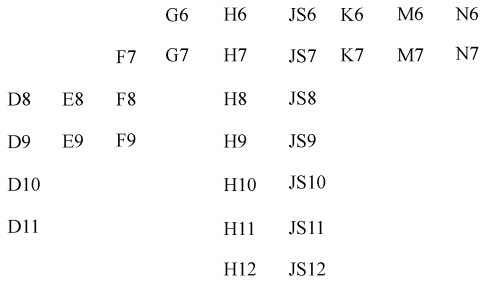


图 4-25　基本尺寸 500 ~ 3150mm 孔的常用公差带

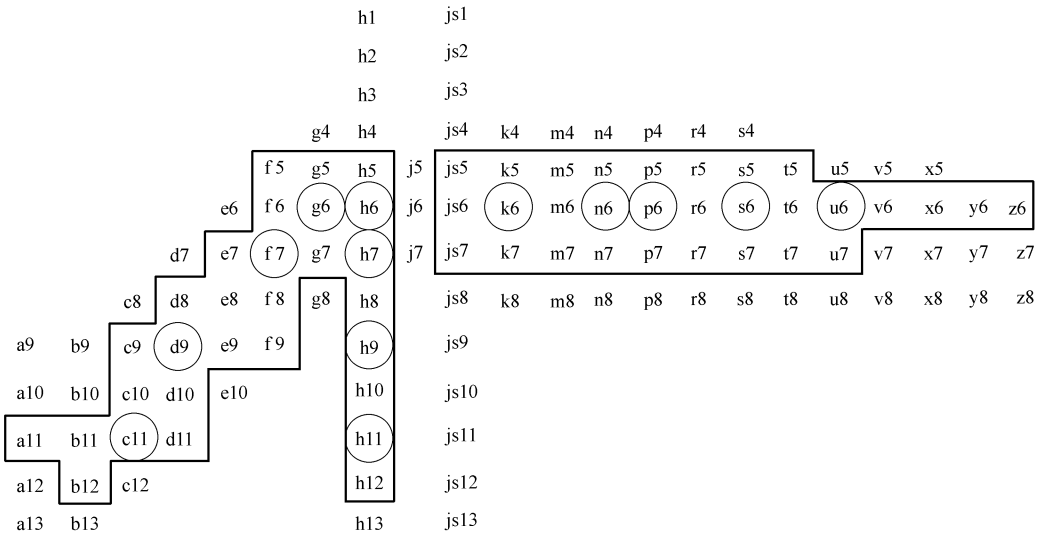


图 4-26　基本尺寸至 500mm 轴的公差带常用和优先公差带

			g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6
		f7	g7	h7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7
d8	e8	f8		h8	js8								
d9	e9	f9		h9	js9								
d10				h10	js10								
d11				h11	js11								
				h12	js12								

图 4-27　公称尺寸 500 ~ 3150mm 轴的常用公差带

4.2　未注公差的线性和角度尺寸的一般公差

4.2.1　一般公差的公差等级和极限偏差

1. 一般公差定义

一般公差是指在通常加工条件下可保证的公差。采用一般公差尺寸，在该尺寸后不需要注出其极限偏差数值。

对功能无特殊要求的要素可以给出一般公差，采用一般公差的要素在图样上可不单独注出公差，而是在图样上、技术要求或技术文件中进行总的说明。

一般公差可用于线性尺寸、角度尺寸、几何公差等。

2. 一般公差的公差等级和极限偏差数值

（1）一般公差的公差等级

一般公差分精密 f、中等 m、粗糙 c、最粗 v 共 4 个公差等级。

（2）极限偏差数值

1）线性尺寸（表 4-39、表 4-40）

线性尺寸包括外尺寸、内尺寸、阶梯尺寸、直径、半径、距离、倒圆半径和倒角高度等。在 GB/T 1804—2000 中给出了线性尺寸、倒圆半径和倒角高度的极限偏差数值。

表 4-39　线性尺寸的极限偏差数值（摘自 GB/T 1804—2000）　（mm）

公差等级	基本尺寸分段							
	0.5 ~ 3	> 3 ~ 6	> 6 ~ 30	> 30 ~ 120	> 120 ~ 400	> 400 ~ 1000	> 1000 ~ 2000	> 2000 ~ 4000
精密 f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	—
中等 m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
粗糙 c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
最粗 v	—	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

表 4-40　倒圆半径和倒角高度的极限偏差数值（摘自 GB/T 1804—2000）　（mm）

公差等级	基本尺寸分段				公差等级	基本尺寸分段			
	0.5 ~ 3	> 3 ~ 6	> 6 ~ 30	> 30		0.5 ~ 3	> 3 ~ 6	> 6 ~ 30	> 30
精密 f	±0.2	±0.5	±1	±2	粗糙 c	±0.4	±1	±2	±4
中等 m					最粗 v				

注：倒圆半径和倒角高度的含义见 GB/T 6403.4。

2）角度尺寸（表 4-41）

角度尺寸包括通常不注出角度值的角度尺寸。在 GB/T 1804—2000 中给出了角度尺寸的

极限偏差数值，其值按角度短边长度确定，对圆锥角按圆锥素线长度确定。

表 4-41　角度尺寸的极限偏差数值（摘自 GB/T 1804—2000）

公差等级	长度分段/mm				
	~10	>10~50	>50~120	>120~400	>400
精密 f	±1°	±30′	±20′	±10′	±5′
中等 m					
粗糙 c	±1°30′	±1°	±30′	±15′	±10′
最粗 v	±3°	±2°	±1°	±30′	±20′

4.2.2　适用的尺寸和图样表示法

如采用 GB/T 1804—2000 规定的一般公差，应在图样标题栏附近或技术要求、技术文件（如企业标准）中注出该标准号及公称等级代号。例如选取中等级时，标注为：GB/T 1804—2000—m。

4.3　统计尺寸公差

4.3.1　统计尺寸公差的含义（图 4-28、图 4-29）

1. 统计尺寸公差 T_P

对实际尺寸概率分布特性作出规定的尺寸公差。

2. 孔的统计尺寸公差 T_{PH}

对实际尺寸概率分布特性作出规定的孔公差。

3. 轴的统计尺寸公差 T_{PS}

对实际尺寸概率分布特性作出规定的轴公差。

4. 统计最小间隙（或过盈）Z_{Pmin}

与一定置信水平相联系的允许间隙（或过盈）的最小值。

5. 统计最大间隙（或过盈）Z_{Pmax}

与一定置信水平相联系的允许间隙（或过盈）的最大值。

6. 统计配合公差 T_{PF}

对实际间隙（或过盈）的概率分布特性作出规定的配合公差，它取决于相互配合的孔、轴实际尺寸的概率分布特性及允许的分布范围，并与一定的置信水平相联系。

7. 组成环的统计尺寸公差 T_{Pi}

对实际尺寸概率分布特性作出规定的组成环公差。

8. 封闭环的统计尺寸公差 T_{OS}

对实际尺寸概率分布特性作出规定的封闭环公差，它取决于组成环实际尺寸的概率分布特性及允许的分布范围，并与一定的置信水平相联系。

9. 中间尺寸 L_C

最大极限尺寸 L_{max} 与最小极限尺寸 L_{min} 的算术平均值。

10. 上边区

以最大极限尺寸 L_{max} 为上限的尺寸公差带的部分区域。

11. 上边区宽度 W_U

上边区所占有的部分尺寸公差。

12. 下边区

以最小极限尺寸 L_{min} 为下限的尺寸公差带的部分区域。

13. 下边区宽度 W_L

下边区所占有的部分尺寸公差。

14. 中间区

位于上边区和下边区之间的尺寸公差带的部分区域。

15. 中间区宽度 W_C

中间区所占有的部分尺寸公差。

16. 中间区上限（上边区下限）L_{Cmax}

中间区和上边区的分界尺寸。

17. 中间区下限（下边区上限）L_{Cmin}

中间区和上边区的分界尺寸。

18. 上边区频率 P_{Umax}

允许零件实际尺寸落在上边区内的最大频率。

19. 下边区频率 P_{Lmax}

允许零件实际尺寸落在下边区内的最大频率。

20. 中间区频率 P_{Cmin}

允许零件实际尺寸落在中间区内的最小频率。

21. 算术平均区间 $B_{\bar{x}}$

限制实际尺寸算术平均值的区间。

22. 中位数区间 $B_{\bar{x}}$

限制实际尺寸中位数的区间。

23. 标准差上限 σ_{max}

允许实际尺寸标准差的最大值。

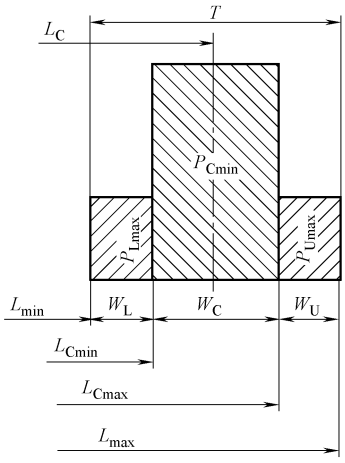


图 4-28　统计定义

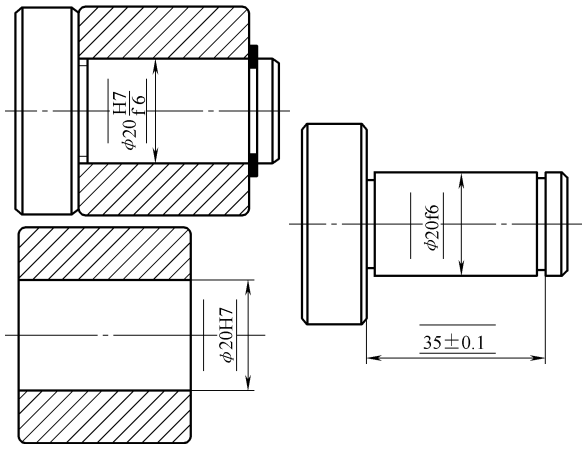


图 4-29　简化标注

4.3.2　规定实际尺寸概率分布特性的方案及标注

1. 方案

标准中规定可以有三种方案对实际尺寸概率分布特性作出规定：

1）规定实际尺寸的中间区上限 L_{Cmax}、下限 L_{Cmin} 及中间区频率 P_{Cmin}，或规定实际尺寸的上边区上限 L_{max}、下限 L_{Cmax} 及上边区频率 P_{Umax} 和下边区上限 L_{Cmin}、下限 L_{min} 及下边区频率 P_{Lmax}。

2）规定实际尺寸算术平均区间 $B_{\bar{x}}$。

3）规定实际尺寸中位数区间 $B_{\tilde{x}}$。

在某些情况下，当采用 2）、3）方案时，还规定实际尺寸的标准差上限 σ_{max}。

2. 标注

按方案 1）标注为 $55 \pm 0.06 \pm 0.03P86\%$，式中：55mm 为基本尺寸，（55 + 0.06）mm 为最大极限尺寸，（55 − 0.06）mm 为最小极限尺寸。$P86\%$ 表示 P_{Cmin} 等于 86%，即在中间区（55 ± 0.03）mm 范围内至少包含有 86% 的零件。

如无特殊说明，则 $P_{Umax} = P_{Lmax} = \dfrac{1 - P_{Cmin}}{2} \times 100\% = 7\%$

即在上边区 $55^{+0.06}_{+0.03}$ 或在下边区 $55^{-0.03}_{-0.06}$ 的范围内最多包含有 7% 的零件。

按方案 2）标注为 $55 \pm 0.06 \pm 0.02\bar{X}$，表示实际尺寸的算术平均值必须位于（55 ± 0.02）mm 的区间内。

如需要规定 σ_{max} 时，可加注在括号内：$55 \pm 0.06 \pm 0.02\bar{X}(\sigma_{max} < 0.02)$

按方案 3）标注为 $55 \pm 0.06 \pm 0.02\tilde{X}$，表示实际尺寸的中位数必须位于（55 ± 0.02）mm 的区间内。

如需要规定 σ_{max} 时，可加注在括号内：$55 \pm 0.06 \pm 0.02\tilde{X}(\sigma_{max} < 0.02)$。

简化标注：统计尺寸公差可按图所示的方法作简化标注，对统计尺寸公差的具体要求应在技术条件中具体说明，或由技术文件统一规定。

4.3.3　统计尺寸公差在孔、轴配合中的应用

孔、轴采用统计尺寸公差，可使产品获得较佳的技术经济效果。例如：可保证过渡配合的确定性；可更多地获得具有最佳（间隙或过盈）的配合；可减少装配时孔、轴极限尺寸相逢的概率；可提高零部件的磨损储备与强度储备；可减少测量中的误收率与误废率等。

1. “间隙或过盈”的概率分布

1）确定“间隙或过盈”概率分布函数的一般方法。

以 X 表示孔的实际尺寸，Y 表示轴的实际尺寸，若二者为独立随机变量，则“间隙或过盈” $Z = X - Y$ 也是随机变量。

若 X 的概率密度函数为 $f_1(x)$，Y 的概率密度函数为 $f_2(y)$，则 Z 的分布函数为

$$F(z) = \iint\limits_{x-y<z} f_1(x)f_2(y)\,\mathrm{d}x\mathrm{d}y$$

Z 的概率密度函数为　　$f(z) = F_1(z)$

或

$$f(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_2(y)f_1(y+z)\,\mathrm{d}y$$

2）确定统计极限“间隙或过盈”及统计配合公差的一般方法。

统计极限“间隙或过盈”与一定的置信水平 $1-\alpha$ 有关。

双侧要求：

对于对称分布，由 $F(Z_{\mathrm{Pmin}}) = \frac{\alpha}{2}$ 可求得 Z_{Pmin}；由 $F(Z_{\mathrm{Pmax}}) = 1-\frac{\alpha}{2}$ 可求得 Z_{Pmax}；由 $T_{\mathrm{PF}} = |Z_{\mathrm{Pmax}} - Z_{\mathrm{Pmin}}|$ 求得统计配合公差 T_{PF}。

对于非对称分布，设 $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$，由 $F(Z_{\mathrm{Pmin}}) = \alpha_1$ 可求得 Z_{Pmin}；由 $F(Z_{\mathrm{Pmax}}) = 1-\alpha_2$ 可求得 Z_{Pmax}；由 $T_{\mathrm{PF}} = |Z_{\mathrm{Pmax}} - Z_{\mathrm{Pmin}}|$ 求得统计配合公差 T_{PF}。

单侧要求：由 $F(Z_{\mathrm{Pmin}}) = \alpha$ 可求得 Z_{Pmin}；或由 $F(Z_{\mathrm{Pmax}}) = 1-\alpha$ 可求得 Z_{Pmax}；由 $T_{\mathrm{PF}} = |Z_{\max} - Z_{\mathrm{Pmin}}|$ 或 $T_{\mathrm{PF}} = |Z_{\mathrm{Pmax}} - Z_{\min}|$ 求得统计配合公差 T_{PF}，其中 $Z_{\max}$、$Z_{\min}$ 为极限“间隙或过盈”。

3）当孔、轴实际尺寸按正态分布（$T{:}W_{\mathrm{C}} = 2{:}1$，$P_{\mathrm{Cmin}} = 86\%$）时，优先与常用配合的统计极限“间隙或过盈”见表4-42。

表 4-42　优先与常用配合的统计极限“间隙或过盈”

（$T{:}W_{\mathrm{C}} = 2{:}1$，$P_{\mathrm{Cmin}} = 86\%$）（摘自 JB/T 9184—1999）　　（μm）

基孔制	H6/f5	H6/g5	H6/h5	H7/f6	H7/g6 ◥	H7/h6 ◥	H8/e7	H8/f7 ◥	H8/g7	H8/h7 ◥	H8/d8
基轴制	F6/h5	G6/h5	H6/h5	F7/h6	G7/h6 ◥	H7/h6 ◥	E8/h7	F8/h7 ◥		H8/h7 ◥	D8/h8
公称尺寸/mm											
≤3	+15 +7	+11 +3.4	+9 +1.4	+20 +8	+16 +4.2	+14 +2.2	+35 +17	+27 +9	+23 +5	+21 +3.4	+44 +24
>3～6	+21 +12	+15 +6	+11 +1.8	+27 +13	+21 +7	+17 +2.8	+46 +24	+36 +14	+30 +8	+26 +4.2	+61 +35
>6～10	+26 +15	+18 +7	+13 +2.1	+34 +16	+26 +8	+21 +3.3	+57 +30	+45 +18	+37 +10	+32 +5	+77 +46
>10～14	+32 +19	+23 +9	+16 +2.7	+41 +20	+31 +10	+25 +4	+71 +38	+55 +22	+45 +12	+39 +6	+96 +58
>14～18											
>18～24	+39 +23	+26 +10	+19 +3.1	+49 +25	+36 +12	+29 +4.7	+87 +47	+67 +27	+54 +14	+47 +7	+121 +75
>24～30											
>30～40	+48 +29	+32 +13	+23 +3.8	+60 +31	+44 +15	+35 +6	+105 +59	+80 +34	+64 +18	+55 +9	+147 +91
>40～50											
>50～65	+58 +34	+38 +14	+28 +4.5	+72 +37	+52 +17	+42 +7	+126 +70	+96 +40	+76 +20	+66 +10	+178 +114
>65～80											
>80～100	+68 +41	+44 +17	+32 +5	+85 +44	+61 +20	+49 +8	+149 +84	+113 +48	+89 +24	+77 +12	+212 +136
>100～120											

（续）

基孔制	H6/f5	H6/g5	H6/h5	H7/f6	H7/g6 ◥	H7/h6 ◥	H8/e7	H8/f7 ◥	H8/g7	H8/h7 ◥	H8/d8
基轴制	F6/h5	G6/h5	H6/h5	F7/h6	G7/h6 ◥	H7/h6 ◥	E8/h7	F8/h7 ◥		H8/h7 ◥	D8/h8
公称尺寸/mm											
>120～140	+80 +49	+51 +20	+37 +6	+99 +52	+70 +23	+56 +9	+174 +99	+132 +57	+103 +28	+89 +14	+252 +164
>140～160											
>160～180											
>180～200	+92 +57	+57 +22	+42 +7	+115 +60	+80 +25	+65 +10	+202 +116	+152 +66	+117 +31	+102 +16	+293 +191
>200～225											
>225～250											
>250～280	+103 +64	+64 +25	+47 +8	+128 +68	+90 +28	+72 +12	+225 +128	+171 +74	+132 +35	+115 +18	+328 +214
>280～315											
>315～355	+114 +71	+70 +27	+52 +9	+142 +75	+98 +31	+80 +13	+251 +145	+188 +82	+144 +38	+126 +20	+362 +236
>355～400											
>400～450	+126 +77	+78 +29	+58 +9	+157 +82	+109 +34	+89 +14	+273 +157	+206 +90	+158 +42	+138 +22	+396 +258
>450～500											

基孔制	H8/e8	H8/f8	H8/h8	H9/c9	H9/d9 ◥	H9/e9	H9/f9	H9/h9 ◥	H10/c10	H10/d10	H10/h10
基轴制	E8/h8	F8/h8	H8/h8		D9/h9 ◥	E9/h9	F9/h9	H9/h9 ◥		D10/h10	H10/h10
公称尺寸/mm											
≤3	+38 +18	+30 +10	+24 +4.1	+103 +67	+63 +27	+57 +21	+49 +13	+43 +7	+128 +72	+88 +32	+68 +12
>3～6	+51 +25	+41 +15	+31 +5	+122 +79	+81 +39	+71 +29	+61 +19	+51 +9	+152 +84	+112 +44	+82 +14
>6～10	+63 +31	+51 +19	+38 +6	+142 +90	+102 +50	+86 +36	+74 +24	+62 +10	+179 +97	+139 +57	+99 +17
>10～14	+78 +40	+62 +24	+46 +8	+163 +108	+123 +63	+105 +45	+89 +29	+73 +13	+214 +116	+170 +70	+120 +20
>14～18											
>18～24	+96 +50	+76 +30	+56 +10	+199 +125	+154 +80	+129 +55	+109 +35	+89 +15	+253 +135	+208 +90	+143 +25
>24～30											
>30～40	+117 +61	+92 +36	+67 +11	+226 +133	+186 +98	+156 +68	+131 +43	+106 +18	+291 +149	+251 +109	+171 +29
>40～50				+236 +148					+301 +159		
>50～65	+138 +74	+108 +44	+78 +14	+266 +162	+226 +122	+186 +82	+156 +52	+126 +22	+345 +175	+305 +135	+205 +35
>65～80				+276 +172					+355 +185		

（续）

基孔制	H8/e8	H8/f8	H8/h8	H9/c9	H9/d9 ◥	H9/e9	H9/f9	H9/h9 ◥	H10/c10	H10/d10	H10/h10
基轴制	E8/h8	F8/h8	H8/h8		D9/h9 ◥	E9/h9	F9/h9	H9/h9 ◥		D10/h10	H10/h10
公称尺寸/mm											
>80～100	+164 +88	+128 +52	+92 +16	+318 +196	+268 +146	+220 +98	+184 +62	+148 +26	+406 +211	+359 +161	+239 +41
>100～120				+328 +206					+419 +221		
>120～140	+192 +104	+150 +62	+108 +18	+371 +229	+316 +174	+256 +114	+214 +72	+171 +29	+473 +247	+418 +192	+273 +47
>140～160				+381 +239					+483 +257		
>160～180				+401 +295					+503 +277		
>180～200	+223 +121	+173 +71	+123 +21	+436 +274	+366 +204	+296 +134	+246 +84	+196 +34	+556 +294	+486 +224	+316 +54
>200～225				+456 +294					+576 +314		
>225～250				+476 +314					+596 +334		
>250～280	+248 +134	+194 +80	+138 +24	+522 +338	+412 +228	+332 +148	+278 +94	+222 +38	+658 +362	+548 +252	+358 +62
>280～315				+552 +368					+688 +392		
>315～355	+277 +151	+214 +88	+152 +26	+599 +401	+449 +251	+364 +166	+301 +103	+239 +41	+753 +427	+603 +277	+393 +67
>355～400				+639 +441					+793 +467		
>400～450	+301 +163	+234 +96	+166 +28	+705 +485	+495 +275	+400 +180	+333 +113	+265 +45	+867 +513	+657 +303	+427 +73
>450～500				+745 +525					+907 +553		

基孔制	H11/a11	H11/b11	H11/c11 ◥	H11/d11	H11/h11 ◥	H12/b12	H12/h12	H6/js5		H5/k5	
基轴制	A11/h11	B11/h11	C11/h11 ◥	D11/h11	H11/h11 ◥	B12/h12	H12/h12		JS6/h5		K6/h5
公称尺寸/mm											
≤3	+372 +288	+242 +158	+162 +78	+122 +38	+102 +18	+311 +169	+171 +29	+7 −0.6	+6 −1.6	+4.6 −2.6	+2.6 −4.6
>3～6	+398 +292	+268 +162	+198 +92	+158 +52	+128 +22	+345 +175	+205 +35	+9 −0.7	+7 −2.2	+5 −4.2	
>6～10	+434 +306	+304 +176	+234 +106	+194 +66	+154 +26	+406 −194	+256 +44	+10 −0.9	+8 −2.4	+6 −5	
>10～14	+478 +322	+338 +182	+283 +127	+238 +82	+188 +22	+457 +203	+307 +53	+12 −1.3	+11 −2.8	+7 −6	
>14～18											
>18～24	+522 +338	+382 +198	+332 +148	+282 +98	+222 +38	+518 +202	+358 +62	+14 −1.4	+12 −3.4	+8 −8	
>24～30											
>30～40	+583 +357	+443 +217	+393 +167	+353 +127	+273 +47	+597 +243	+427 +73	+18 −1.7	+15 −4.2	+10 −9	
>40～50	+593 +367	+453 +227	+403 +177			+607 +234					

（续）

基孔制	H11/a11	H11/b11	H11/c11 ◥	H11/d11	H11/h11 ◥	H12/b12	H12/h12	H6/js5		H5/k5	
基轴制	A11/h11	B11/h11	C11/h11 ◥	D11/h11	H11/h11 ◥	B12/h12	H12/h12		JS6/h5		K6/h5
公称尺寸/mm											
>50～65	+664 +396	+514 +246	+464 +196	+424 +156	+324 +56	+702 +278	+512 +88	+21 −2	+18 −5	+12 −10	
>65～80	+684 +416	+524 +256	+474 +206			+712 +288					
>80～100	+756 +444	+596 +284	+546 +234	+496 +184	+376 +64	+818 +322	+598 +102	+24 −2	+21 −6	+14 −13	
>100～120	+786 +474	+616 +304	+556 +244			+838 +342					
>120～140	+887 +533	+687 +333	+627 +273	+572 +218	+427 +73	+943 +377	+683 +117	+28 −2.9	+24 −6	+16 −15	
>140～160	+947 +593	+707 +535	+637 +283			+963 +397					
>160～180	+1007 +653	+737 +383	+657 +303			+993 +427					
>180～200	+1155 +745	+835 +425	+735 +325	+665 +255	+495 +85	+1125 +475	+785 +135	+32 −3.1	+28 −8	+18 −17	
>200～225	+1235 +825	+875 +465	+755 +345			+1165 +515					
>225～250	+1315 +905	+915 +505	+775 +365			+1205 +555					
>250～280	+1446 +1014	+1026 +574	+846 +394	+736 +284	+546 +94	+1368 +632	+887 +152	+36 −3.7	+31 −8	+20 −19	
>280～319	+1596 +1144	+1086 +634	+876 +424			+1428 +692					
>315～355	+1815 +1305	+1215 +705	+975 +465	+824 +316	+614 +106	+1573 +767	+973 +167	+40 −3.9	+34 −9	+23 −20	
>355～400	+1965 +1455	+1294 +785	+1015 +505			+1653 +847					
>400～450	+2183 +1617	+1443 +877	+1123 +557	+913 +347	+639 +117	+1836 +944	+1076 +184	+44 −4.1	+38 −11	+26 −23	
>450～500	+2338 +1767	+1523 +957	+1163 +597			+1916 +1024					

基孔制	H6/m5		H7/js6		H7/k6 ◥		H7/m6		H7/n6 ◥		H8/js7
基轴制		M6/h5		JS7/h6		K7/h6 ◥		M7/h6		N7/h6 ◥	
公称尺寸/mm											
≤3	+2.6 −4.6	+0.6 −6.5	+11 −0.8	+9 −2.8	+8 −3.8	+3.8 −7.8	+6 −6	+1.8 −10	+3.8 −8	+0.2 −12	+16 −1.6
>3～6	+2.2 −7		+13 −1.2	+11 −3.2	+8 −6		+5 −9		+1.2 −13		+2.0 −1.8
>6～10	+0.9 −10		+16 −1.2	+13 −3.7	+11 −7		+6 −12		+1.7 −16		+24 −1.8
>10～14	+1.3 −12		+20 −1.5	+16 −5	+13 −8		+7 −14		+2 −19		+30 −2.7
>14～18											
>18～24	+1.9 −14		+23 −1.8	+18 −5	+14 −10		+8 −16		+1.3 −23		+36 −2.6
>24～30											

（续）

基孔制	H6/m5		H7/js6		H7/k6 ◥		H7/m6		H7/n6 ◥		H8/js7
基轴制		M6/h5		JS7/h6		K7/h6 ◥		M7/h6		N7/h6 ◥	
公称尺寸/mm											
>30～40	+3.2		+27	+22	+17		+10		+2.3		+42
>40～50	−16		−2.3	−6	−12		−19		−27		−3.2
>50～65	+3.5		+33	+27	+21		+12		+3.3		+50
>65～80	−20		−2.8	−8	−14		−23		−32		−4.5
>80～100	+3.8		+38	+31	+24		+14		+4.2		+59
>100～120	−23		−3.2	−9	−17		−27		−37		−4.1
>120～140	+3.9		+44	+36	+28		+16		+4.1		+69
>140～160	−2.7		−3.6	−11	−19		−31		−43		−6
>160～180											
>180～200	+5		+50	+42	+32		+19		+4.7		+79
>200～225	−30		−4.2	−13	−23		−36		−50		−7
>225～250											
>250～280	+4.2	+6	+56	+46	+36		+20		+6		+89
>280～315	−35	−33	−4.5	−14	−24		−40		−54		−8
>315～355	+6		+62	+51	+40		+23		+7		+97
>355～400	−37		−5	−15	−27		−44		−60		−8
>400～450	+8		+69	+57	+44		+26		+9		+106
>450～500	−41		−6	−17	−31		−49		−66		−9

基孔制		H8/k7		H8/m7		H8/n7		H8/p7	H6/n5		H6/p5	
基轴制	JS8/h7		K8/h7		M8/h7		N8/h7			N6/h5		P6/h5
公称尺寸/mm												
≤3	+14 −3.6	+11 −7	+7 −11	+9 −9	+4.6 −13	+7 −11	+2.6 −15	+4.6 −13	+0.6 −7	−1.4 −9	−1.4 −9	−3.4 −11
>3～6	+17 −4.8	+13 −9		+10 −12		+6 −16		+1.8 −20	−1.8 −11		−6 −15	
>6～10	+21 −6	+16 −11		+11 −16		+7 −20		+1.8 −25	−3.1 −14		−8 −19	
>10～14	+25	+20		+14		+9		+2.7	−3.7		−10	
>14～18	−7	−13		−19		−24		−30	−17		−23	
>18～24	+30	+24		+18		+11		+3.6	−5		−12	
>24～30	−9	−16		−22		−29		−36	−21		−28	
>30～40	+35	+28		+21		+13		+4.2	−4.8		−14	
>40～50	−10	−18		−25		−33		−42	−24		−33	
>50～65	+42	+34		+24		+16		+3.5	−6		−18	
>65～80	−12	−22		−30		−40		−52	−28		−40	
>80～100	+50	+39		+29		+19		+4.7	−6		−20	
>100～120	−15	−26		−36		−46		−60	−33		−47	
>120～140	+57	+46		+34		+22		+6	−8		−24	
>140～160	−17	−29		−41		−53		−69	−39		−55	
>160～180												
>180～200	+66	+52		+39		+25		+6	−9		−28	
>200～225	−20	−34		−47		−61		−80	−44		−63	
>225～250												
>250～280	+74	+59		+43		+29		+7	−10		−32	
>280～315	−22	−38		−54		−68		−90	−49		−71	
>315～355	+81	+65		+48		+32		+7	−10		−35	
>355～400	−24	−41		−58		−74		−99	−53		−78	
>400～450	+89	+70		+52		+35		+7	−10		−37	
>450～500	−26	−46		−64		−81		−109	−58		−86	

（续）

基孔制	H6/r5		H6/s5		H6/t5	H7/p6 ◥		H7/r6		H7/s6 ◥	
基轴制		R6/h5		S6/h5	T6/h5		P7/h6 ◥		R7/h6		S7/h6
公称尺寸/mm											
≤3	−5 −13	−7 −15	−9 −1	−11 −19	—	+1.8 −10	−2.2 −14	−2.2 −14	−6 −18	−6 −18	−10 −22
>3～6	−9 −18		−13 −22		—	−2.8 −17		−6 −20		−10 −24	
>6～10	−12 −23		−16 −27		—	−3.3 −21		−7 −25		−11 −29	
>10～14	−15 −28		−20 −33		—	−4 −25		−9 −30		−14 −35	
>14～18					—						
>18～24	−18 −34		−25 −41		—	−6 −30		−12 −36		−19 −43	
>24～30					−31 −47						
>30～40	−22 −41		−41 −50		−36 −55	−7 −36		−15 −44		−24 −53	
>40～50					−42 −61						
>50～65	−26 −50		−38 −62		−52 −74	−9 −44		−18 −53		−30 −65	
>65～80	−28 −52		−44 −68		−60 −84			−20 −55		−36 −71	
>80～100	−34 −61		−54 −81		−74 −101	−10 −51		−24 −65		−44 −85	
>100～120	−37 −64		−62 −89		−87 −114			−27 −68		−52 −93	
>120～140	−44 −75		−73 −104		−103 −134	−12 −59		−32 −79		−61 −108	
>140～160	−46 −77		−81 −112		−115 −146			−34 −81		−69 −116	
>160～180	−49 −80		−89 −120		−127 −158			−37 −84		−77 −124	
>180～200	−55 −90		−100 −135		−144 −179	−14 −69		−41 −96		−85 −141	
>200～225	−58 −93		−108 −143		−158 −193			−44 −99		−94 −149	
>225～250	−62 −97		−118 −153		−174 −209			−48 −103		−104 −159	
>250～280	−70 −109		−134 −173		−194 −233	−16 −76		−54 −114		−118 −178	
>280～315	−74 −113		−146 −185		−216 −255			−58 −118		−130 −190	
>315～355	−81 −124		−163 −206		−241 −284	−18 −85		−64 −131		−146 −213	
>355～400	−87 −130		−181 −224		−267 −310			−70 −137		−164 −231	
>400～450	−95 −144		−201 −250		−299 −348	−19 −94		−77 −152		−183 −258	
>450～500	−101 −150		−221 −270		−329 −378			−83 −158		−203 −278	

（续）

基孔制	H7/t6	H7/u6 ◥		H7/v6	H7/x6	H7/y6	H7/z6	H8/r7	H8/s7	H8/t7	H8/u7
基轴制	T7/h6		U7/h6 ◥								
公称尺寸/mm											
≤3	—	−10 −22	−14 −26	—	−12 −24	—	−18 −30	+0.6 −17	−3.4 −21	—	−7 −25
>3～6	—	−14 −28		—	−19 −33	—	−26 −40	−1.2 −23	−5 −27	—	−9 −31
>6～10	—	−16 −34		—	−22 −40	—	−30 −48	+2.2 −29	−6 −33	—	−11 −38
>10～14	—	−19 −40		—	−26 −47	—	−36 −57	−2.3 −35	−7 −40	—	−12 −45
>14～18	—			−25 −46	−31 −52	—	−46 −67			—	
>18～24	—	−25 −49		−31 −55	−38 −62	−47 −71	−57 −81	−2.4 −42	−9 −49	—	−15 −55
>24～30	−25 −49	−32 −56		−39 −63	−50 −72	−59 −83	−72 −96			−15 −55	−22 −62
>30～40	−29 −58	−41 −70		−49 −78	−61 −90	−75 −104	−93 −122	−3.8 −50	−13 −59	−18 −64	−30 −76
>40～50	−35 −64	−51 −80		−62 −91	−78 −107	−95 −124	−117 −146			−24 −70	−40 −86
>50～65	−43 −78	−64 −99		−79 −114	−99 −134	−121 −156	−149 −184	−6 −60	−18 −72	−30 −86	−52 −106
>65～80	−52 −87	−79 −114		−97 −132	−123 −158	−151 −186	−187 −222	−8 −62	−24 −78	−40 −94	−66 −122
>80～100	−64 −105	−97 −138		−119 −160	−151 −192	−187 −228	−231 −272	−9 −74	−29 −94	−49 −114	−82 −147
>100～120	−77 −118	−117 −158		−145 −186	−183 −224	−227 −268	−283 −324	−12 −77	−37 −102	−62 −127	−102 −167
>120～140	−91 −138	−139 −186		−171 −218	−217 −264	−269 −316	−334 −381	−14 −89	−43 −118	−73 −148	−121 −196
>140～160	−103 −150	−159 −206		−197 −244	−249 −296	−309 −356	−384 −431	−15 −91	−51 −126	−85 −160	−141 −216
>160～180	−115 −162	−179 −226		−221 −268	−279 −326	−349 −396	−434 −481	−19 −94	−59 −134	−97 −172	−161 −236
>180～200	−130 −185	−200 −255		−248 −303	−314 −369	−389 −444	−484 −539	−21 −107	−66 −152	−110 −195	−180 −266
>200～225	−144 −199	−222 −277		−274 −329	−349 −404	−434 −489	−539 −594	−24 −110	−74 −160	−124 −210	−202 −208
>225～250	−160 −215	−248 −303		−304 −359	−389 −444	−484 −539	−604 −659	−28 −114	−84 −170	−140 −226	−208 −314
>250～280	−178 −238	−274 −336		−344 −406	−434 −496	−540 −600	−670 −730	−31 −128	−95 −192	−155 −252	−253 −349
>280～315	−200 −260	−310 −371		−384 −446	−484 −546	−610 −670	−750 −810	−35 −132	−107 −204	−177 −274	−287 −384
>315～355	−224 −291	−346 −413		−431 −498	−546 −613	−686 −753	−856 −923	−39 −145	−121 −227	−199 −305	−321 −427
>355～400	−250 −317	−391 −458		−486 −553	−616 −683	−776 −843	−956 −1024	−45 −151	−139 −245	−225 −331	−366 −472
>400～450	−281 −356	−441 −516		−546 −621	−691 −766	−871 −946	−1051 −1126	−51 −167	−157 −273	−255 −371	−415 −531
>450～500	−311 −386	−491 −566		−611 −686	−771 −846	−951 −1026	−1021 −1276	−57 −173	−177 −293	−285 −401	−465 −581

注：1. 表中“+”值为间隙量，“−”值为过盈量。

2. 标注◥的配合为优先配合。

2. 孔、轴实际尺寸概率分布特性要求的规定

（1）公差带的划分

对称分布，推荐 $T:W_C=2:1$

非对称分布，三个区间的划分根据实际情况决定。

（2）频率的决定

实际尺寸按对称分布，分为三种情况：

当近似正态分布时，若公差带的划分按 $T:W_C=2:1$，推荐 $P_{Cmin}=86\%$，此时上、下边区允许的最大频率为$\frac{1-P_{Cmin}}{2}=7\%$；

当近似辛普松（三角形）分布时，若公差带的划分按 $T:W_C=2:1$，推荐 $P_{Cmin}=75\%$，此时上、下边区允许的最大频率为$\frac{1-P_{Cmin}}{2}=12.5\%$；

当近似均匀分布时，若公差带的划分按 $T:W_C=2:1$，推荐 $P_{Cmin}=50\%$，此时上、下边区允许的最大频率为$\frac{1-P_{Cmin}}{2}=25\%$。

实际尺寸按非对称分布，一般应同时规定上边区频率 P_{Umax}以及下边区频率 P_{Lmax}。

根据设计要求，仅考虑某一边区的频率要求时，可以只规定上边区频率 P_{Umax}或者下边区频率 P_{Lmax}。

（3）标注举例：

对称分布：如 $\phi55\pm0.06\pm0.03P86\%$，表示上、下边区的频率不能超过 7%。

非对称分布：如 $\phi55\pm0.06^{+0.06}_{+0.03}P9\%^{-0.03}_{-0.06}P5\%$，表示上边区的频率不能超过 9%，下边区的频率不能超过 5%。

仅规定某一边区的频率，如 $\phi55\pm0.06^{-0.03}_{-0.06}P7\%$，表示对下边区的频率有要求，且不能超过 7%。

4.4　圆锥的锥度与锥角、棱体的角度与斜度系列

4.4.1　统计尺寸公差的含义

1. 术语和定义

在 GB/T 157—2001 中规定了锥度和锥角中相关的术语和定义，如图 4-30 和图 4-31 所示。

（1）圆锥表面

与轴线成一定角度，且一端相交于轴线的一条直线段（母线），围绕着该直线旋转形成的表面。

（2）圆锥

由圆锥表面与一定尺寸所限定的几何体。

（3）圆锥角（α）

在通过圆锥轴线的截面内，两条素线间的夹角。

（4）锥度（C）

两个垂直圆锥轴线截面的圆锥直径 D 和 d 之差与该两截面之间的轴向距离 L 之比。

$$C=\frac{D-d}{L}$$

锥度 C 与圆锥角 α 的关系为

$$C=2\tan\frac{\alpha}{2}=1:\left(\frac{1}{2}\cot\frac{\alpha}{2}\right)$$

锥度一般用比例或分式形式表示。

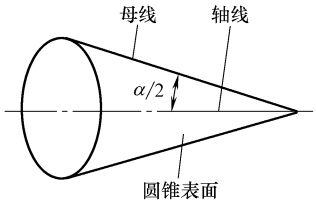


图 4-30　圆锥表面

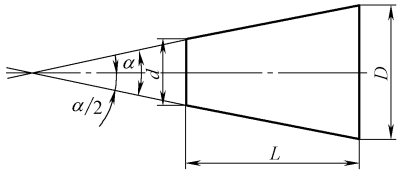


图 4-31　圆锥角、圆锥直径和圆锥长度

2. 锥度和锥角系列（表 4-43、表 4-44）

GB/T 157—2001 中规定一般用途圆锥的锥度与锥角系列，以及特定用途圆锥的锥度及锥角系列。使用时，优先选用系列 1，其次选用系列 2。为了便于圆锥件的设计、生产和控制，国标中给出了圆锥角或锥度的推算值，其有效值可按需要确定。

表 4-43　一般用途圆锥的锥度和锥角系列（摘自 GB/T 157—2001）

基本值		推算值			
		圆锥角 α			锥度 C
系列 1	系列 2	(°)(′)(″)	(°)	rad	
120°		—	—	2.09439510	1:0.2886751
90°		—	—	1.57079633	1:0.5000000
	75°	—	—	1.30899694	1:0.6516127
60°		—	—	1.04719755	1:0.8660254
45°		—	—	0.78539816	1:1.2071068
30°		—	—	0.52359878	1:1.8660254
1:3		18°55′28.7199″	18.92464442°	0.33029735	—
	1:4	14°15′0.1177″	14.25003270°	0.24870999	—
1:5		11°25′16.2706″	11.42118627°	0.19933730	—
	1:6	9°31′38.2202″	9.52728338°	0.16628246	—
	1:7	8°10′16.4408″	8.17123356°	0.14261493	—
	1:8	7°9′9.6075″	7.15266875°	0.12483762	—
1:10		5°43′29.3176″	5.72481045°	0.09991679	—
	1:12	4°46′18.7970″	4.77188806°	0.08328516	—
	1:15	3°49′5.8975″	3.81830487°	0.06664199	—
1:20		2°51′51.0925″	2.86419237°	0.04998959	—
1:30		1°54′34.8570″	1.90968251°	0.03333025	—
1:50		1°8′45.1586″	1.14587740°	0.01999933	—
1:100		34′22.6309″	0.57295302°	0.00999992	—
1:200		17′11.3219″	0.28647830°	0.00499999	—
1:500		6′52.5295″	0.11459152°	0.00200000	—

注：系列 1 中 120°～(1:3) 的数值近似按 R10/2 优先数系列，(1:5)～(1:50) 按 R10/3 优先数系列（见 GB/T 321—2005）。

表 4-44　特殊用途圆锥的锥度和锥角系列（摘自 GB/T 157—2001）

基本值	推算值				标准号 GB/T (ISO)	用途
	圆锥角 α			锥度 C		
			rad			
11°54	—	—	0.20769418	1:4.7974511	(5327) (8948-5)	纺织机械和附件
8°40		—	0.15126187	1:6.5984415	(8948-3) (8948-4) (324.557)	
7°		—	0.12217305	1:8.1749277	(8489-2)	
1:38	1°30′27.7080″	1.50769667°	0.02631427	—	(368)	
1:64	0°53′42.8220″	0.89522834°	0.01562448	—	(368)	
7:24	16°35′39.4443″	16.59429008°	0.28962500	1:3.4285714	3837.3 (297)	机床主轴 工具配合
1:12.262	4°40′12.1514″	4.76004205°	0.08150761	—	(239)	贾各锥度 No. 2
1:12.972	4°24′52.9039″	4.41469552°	0.07705097	—	(239)	贾各锥度 No. 1
1:15.748	3°38′13.4429″	3.63706747°	0.06347880	—	(239)	贾各锥度 No. 33
6:100	3°26′12.1776″	3.43671600°	0.05998201	1:16.666667	1962 594-1 595-1 595-2	医疗设备
1:18.779	3°3′1.2070″	3.05033527°	0.05323839	—	(239)	贾各锥度 No. 3
1:19.002	3°0′52.3956″	3.01455434°	0.05261390	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 5
1:19.180	2°59′11.7258″	2.98659050°	0.05212584	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 6
1:19.212	2°58′53.8255″	2.98161820°	0.05203905	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 0
1:19.254	2°58′30.4217″	2.97511713°	0.05192559	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 4
1:19.264	2°58′24.8644″	2.97357343°	0.05189865	—	(239)	贾各锥度 No. 3
1:19.922	2°51′31.4463″	2.87540176°	0.05018523	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 3
1:20.020	2°51′40.7960″	2.86133223°	0.04993967	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 2
1:20.047	2°51′26.9283″	2.85748008°	0.04987244	—	1443(296)	莫氏锥度 No. 1
1:20.288	2°49′24.7802″	2.82355006°	0.04928025	—	(239)	贾各锥度 No. 0
1:23.904	2°23′47.6244″	2.39656232°	0.04182790	—	1443(296)	布朗夏普锥度 No. 1 ~ No. 3
1:28	2°2′45.8174″	2.04606038°	0.03571049	—	(8382)	复苏器(医用)
1:36	1°35′29.2096″	1.59144711°	0.02777599	—	5356-1	麻醉器具
1:40	1°25′56.3516″	1.43231989°	0.02499870	—		

4.4.2　棱体的角度和斜度系列

1. 定义

（1）棱体

由两个相交平面与一定尺寸所限的几何体。这两个相交平面称为棱面，当有配合要求时称为棱体的配合面。两棱面的交线称为棱边，见图 4-32。

（2）多棱体

由几对相交平面与一定尺寸所限定的几何体。由两对相交平面与一定尺寸所限定的是双棱体。当各对平面交到一点时，该棱体是棱锥体，见图 4-33 和图 4-34。

（3）楔体

小角度的棱体。

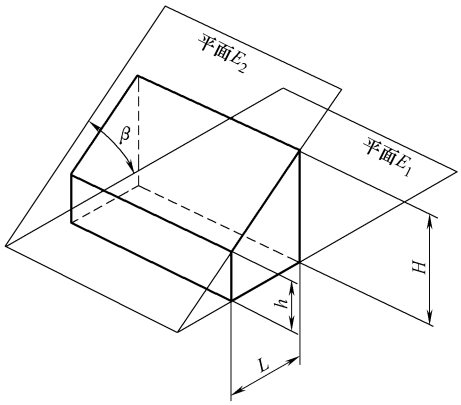


图 4-32　棱体或楔体

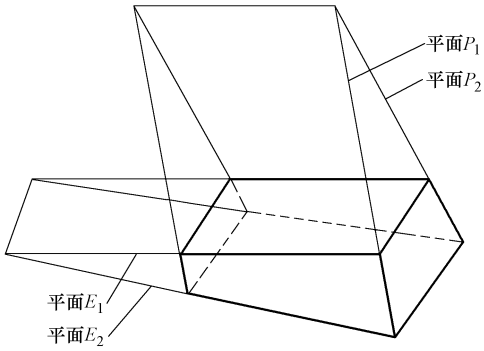


图 4-33　多（双）棱体

（4）导棱体

特定的大角度棱体。这些特定的棱体常用于机床的导轨，主要有 V 形体和燕尾体，见图 4-35 和图 4-36。

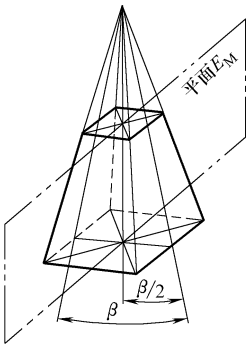


图 4-34　棱锥体

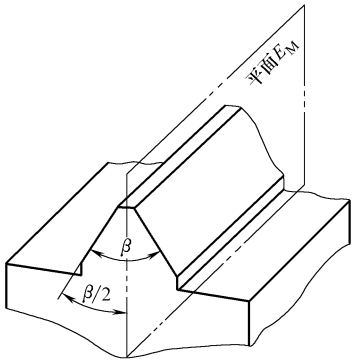


图 4-35　导棱体或 V 形体

（5）棱体角（β）

两相交棱面的交角。棱体配合面的夹角称为棱体的配合角，见图 4-32。

（6）棱体中心平面（E_M）

通过棱边平分棱体角 β 的平面，见图 4-38。

（7）棱体高

在平行于棱边并垂直于一个棱面的某指定截面上测量的高度，见图 4-37 中的 H 和 h。

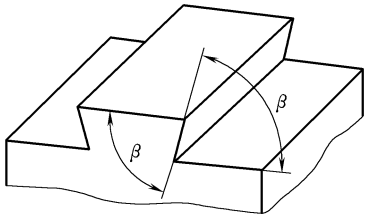


图 4-36　燕尾体

（8）棱体厚

在平行于棱边并垂直于棱体中心平面 E_M 的某指定截面上测量的厚度，见图 4-38 中的 T 和 t。

（9）棱体斜度（S）

两指定截面的棱体高 H 和 h 之差与该两截面之间的距离 L 之比，见图 4-37。

$$S=\frac{H-h}{L}$$

棱体斜度 S 与棱体角 β 的关系为：$S=\tan\beta=1:\cot\beta$

（10）棱体比率（C_p）

两指定截面的棱体厚 T 和 t 之差与该两截面之间的距离 L 之比，见图 4-38。

$$C_p=\frac{T-t}{L}$$

棱体比率 C_p 与棱体角 β 的关系为：$C_p=2\tan\frac{\beta}{2}=1:\left(\frac{1}{2}\cot\frac{\beta}{2}\right)$

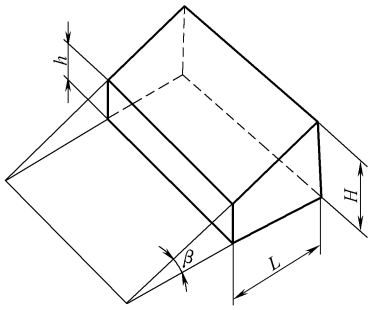


图 4-37　棱体高

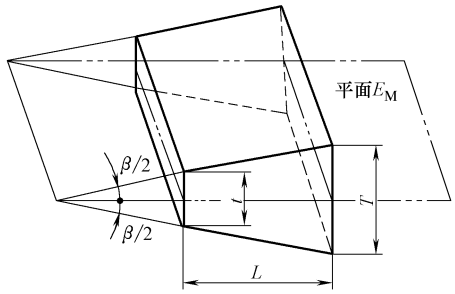


图 4-38　棱体厚

2. 棱体的角度和斜度系列（表 4-45 ~ 表 4-47）

GB/T 4096—2001 中规定一般用途棱体的角度和斜度系列，以及特定用途棱体的角度和斜度系列。选用棱体角时，优先选用系列 1，其次选用系列 2。为了便于棱体的设计、生产和控制，国标中给出了棱体角和棱体斜度所对应的棱体比率、斜度和角度的推算值，其有效值可按需要确定。

表 4-45　一般用途棱体的角度和斜度系列（摘自 GB/T 4096—2001）

棱体角				棱体斜度 S
系列 1		系列 2		
β	$\beta/2$	β	$\beta/2$	
120°	60°	—	—	—
90°	45°	—	—	—
—	—	75°	37°30′	—
60°	30°	—	—	—
45°	22°30′	—	—	—
—	—	40°	20°	—
30°	15°	—	—	—
20°	10°	—	—	—
15°	7°30′	—	—	—
—	—	10°	5°	—
—	—	8°	4°	—
—	—	7°	3°30′	—
—	—	6°	3°	—
—	—	—	—	1:10
3°	2°30′	—	—	—

（续）

棱体角				棱体斜度 S
系列 1		系列 2		
β	$\beta/2$	β	$\beta/2$	
—	—	4°	2°	—
—	—	3°	1°30′	—
—	—	—	—	1:20
—	—	2°	1°	—
—	—	—	—	1:50
—	—	1°	30′	—
—	—	—	—	1:100
—	—	30′	15′	—
—	—	—	—	1:200
—	—	—	—	1:500

表 4-46　特殊用途棱体（摘自 GB/T 4096—2001）

棱体角		推算值		用途
β	$\beta/2$	C_p	S	
108°	54°	1:0.363271	—	V 形体
72°	36°	1:0.688191	—	
55°	27°30	1:0.960491	1:0.700207	燕尾体
50°	25°	1:1.072253	1:0.839100	

表 4-47　棱体比率、斜度和角度的推算值（摘自 GB/T 4096—2001）

基本值		推算值		
β	S	C_p	S	β
120°	—	1:0.288675	—	—
90°	—	1:0.500000	—	—
75°	—	1:0.651613	1:0.267949	—
60°	—	1:0.866025	1:0.577350	—
45°	—	1:1.207107	1:1.000000	—
40°	—	1:1.373739	1:1.191754	—
30°	—	1:1.866025	1:1.732051	—
20°	—	1:2.835641	1:2.747477	—
15°	—	1:3.797877	1:3.732051	—
10°	—	1:5.715026	1:5.671282	—
8°	—	1:7.150333	1:7.115370	—
7°	—	1:8.174928	1:8.144346	—
6°	—	1:9.540568	1:9.514364	—
—	1:10	—	—	5°42′38.1″
5°	—	1:11.451883	1:11.430052	—
4°	—	1:14.318127	1:14.300666	—
3°	—	1:19094230	1:19.081137	—
—	1:20	—	—	2°51′44.7″
2°	—	1:28.644981	1:28.636253	—
—	1:50	—	—	1°8′44.7″
1°	—	1:57.294325	1:57.289962	—
—	1:100	—	—	34′22.6″
0°30′	—	1:114.590832	1:114.588650	—
—	1:200	—	—	17′11.3″
—	1:500	—	—	6′52.5″

4.5　圆锥公差和配合

4.5.1　圆锥公差

该标准（GB/T 11334—2005）适用于锥度 C 为 1∶3 ~ 1∶500、长度 L 为 6 ~ 630mm 的光滑圆锥。

1. 术语、定义

（1）公称圆锥（见图 4-39）

由设计给定的公称理想圆锥。公称圆锥可用两种形式确定：

1）一个公称圆锥直径（最大圆锥直径 D、最小圆锥直径 d、给定截面圆锥直径 d_x）、公称圆锥长度 L、公称圆锥角 α 或公称锥度 C。

2）两个公称圆锥直径和公称圆锥长度 L。

（2）实际圆锥（见图 4-40a）

实际存在并与周围介质分隔的圆锥。

（3）实际圆锥直径 d_a（见图 4-40b）

实际圆锥上的任一直径。

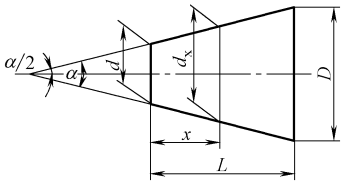


图 4-39　公称圆锥

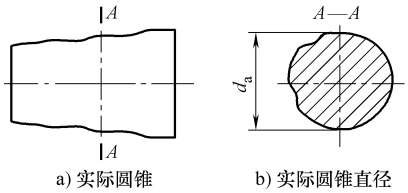


图 4-40　实际圆锥和实际圆锥直径

（4）实际圆锥角（见图 4-41）

实际圆锥的任一轴向截面内，包容其素线且距离为最小的两队平行直线之间的夹角。

（5）极限圆锥（见图 4-42）

与公称圆锥共轴且圆锥角相等，直径分别为上极限直径和下极限直径的两个圆锥。在垂直圆锥轴线的任一截面上，这两个圆锥的直径差都相等。

（6）极限圆锥直径

极限圆锥上的任一直径。

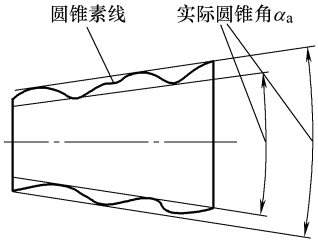


图 4-41　实际圆锥角

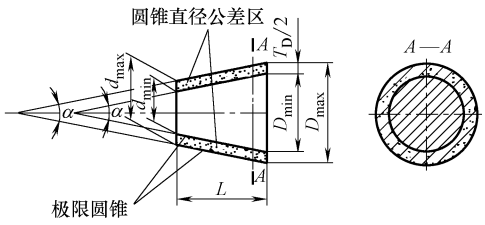


图 4-42　极限圆锥

（7）极限圆锥角

允许的上极限或下极限圆锥角。

（8）圆锥直径公差 T_D

圆锥直径的允许变动量。

（9）圆锥直径公称区

两个极限圆锥所限定的区域。

（10）圆锥角公差 AT（AT_α 或 AT_D）（见图 4-43）

圆锥角的允许变动量。

（11）圆锥角公差带

两个极限圆锥角所限定的区域。

（12）给定截面圆锥直径公差 T_{DS}（见图 4-44）

在垂直圆锥轴线的给定截面内，圆锥直径允许的变动量。

（13）给定截面圆锥直径公差区

在给定的圆锥截面内，由两个同心圆所限定的区域。

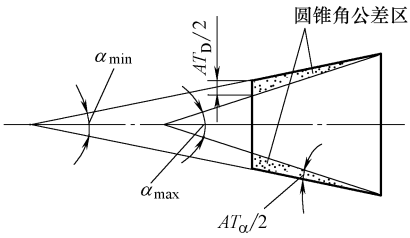


图 4-43　圆锥角公差区

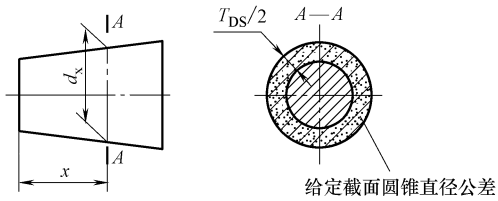


图 4-44　给定截面圆锥直径公差

2. 圆锥公差的项目及公差数值

（1）圆锥直径公差（T_D）

以公称圆锥直径（一般取最大圆锥直径 D）为公称尺寸，按 GB/T 1800.3 规定的标准公差选取公差值。

（2）圆锥角公差（AT）

1）圆锥角公差 AT 共分 12 个公差等级，用 $AT1$、$AT2$、……、$AT12$ 表示。圆锥角公差的数值见表 4-48。圆锥直径公差所能限制的最大圆锥角误差见表 4-49。

表 4-48　圆锥角公差等级（摘自 GB/T 11334—2005）

公称圆锥长度 L/mm		圆锥角公差等级								
		$AT4$			$AT5$			$AT6$		
		AT_α		AT_D	AT_α		AT_D	AT_α		AT_D
大于	至	μrad	(″)	μm	μrad		μm	μrad		μm
6	10	200	41	>1.3～2	315	1′05″	>2～3.2	500	1′43″	>3.2～5
10	16	160	33	>1.6～2.5	250	52″	>2.5～4	400	1′22″	>4～6.3
16	25	125	26	>2～3.2	200	41″	>3.2～5	315	1′05″	>5～8
25	40	100	21	>2.5～4	160	33″	>4～6.3	250	52″	>6.3～10
40	63	80	16	>3.2～6	125	26″	>5～8	200	41″	>8～12.5
63	100	63	13	>4～6.3	100	21″	>6.3～10	160	33″	>10～16

（续）

公称圆锥长度 L/mm		圆锥角公差等级								
		AT4			AT5			AT6		
		AT_α		AT_D	AT_α		AT_D	AT_α		AT_D
100	160	50	10	>5～8	80	16″	>8～12.5	125	26″	>12.5～20
160	250	40	8	>6.3～10	63	13″	>10～16	100	21″	>16～25
250	400	31.5	6	>8～12.5	50	10″	>12.5～20	80	16″	>20～32
400	630	25	5	>10～16	40	8″	>16～25	63	13″	>25～40

公称圆锥长度 L/mm		圆锥角公差等级								
		AT7			AT8			AT9		
		AT_α		AT_D	AT_α		AT_D	AT_α		AT_D
大于	至	μrad		μm	μrad		μm	μrad		μm
6	10	800	2′45″	>5～8	1250	4′18″	>8～12.5	2000	6′52″	>12.5～20
10	16	630	2′10″	>6.3～10	1000	3′26″	>10～16	1600	5′30″	>16～25
16	25	500	1′43″	>8～12.5	800	2′45″	>12.5～20	1250	4′18″	>20～32
25	40	400	1′22″	>10～16	630	2′10″	>16～25	1000	3′26″	>25～40
40	63	315	1′05″	>12.5～20	500	1′43″	>20～32	800	2′45″	>32～50
63	100	250	52″	>16～25	400	1′22″	>25～40	630	2′10″	>40～63
100	160	200	41″	>20～32	315	1′05″	>32～50	500	1′43″	>50～80
160	250	160	33″	>25～40	250	52″	>40～63	400	1′22″	>63～100
250	400	125	26″	>32～50	200	41″	>50～80	315	1′05″	>80～125
400	630	100	21″	>40～63	160	33″	>63～100	250	52″	>100～160

公称圆锥长度 L/mm		圆锥角公差等级								
		AT10			AT11			AT12		
		AT_α		AT_D	AT_α		AT_D	AT_α		AT_D
大于	至	μrad		μm	μrad		μm	μrad		μm
6	10	3150	10′49″	>20～32	5000	17′10″	>32～50	8000	27′28″	>50～80
10	16	2500	8′35″	>25～40	4000	13′44″	>40～63	6300	21′38″	>63～100
16	25	2000	6′52″	>32～50	3150	10′49″	>50～80	5000	17′10″	>80～125
25	40	1600	5′30″	>40～63	2500	8′35″	>63～100	4000	13′44″	>100～160
40	63	1250	4′18″	>50～80	2000	6′52″	>80～125	3150	10′49″	>125～200
63	100	1000	3′26″	>63～100	1600	5′30″	>100～160	2500	8′35″	>160～250
100	160	800	2″45′	>80～125	1250	4′18″	>125～200	2000	6′52″	>200～320
160	250	630	2′10″	>100～160	1000	3′26″	>160～250	1600	5′30″	>250～400
250	400	500	1′43″	>125～200	800	2′45″	>200～320	1250	4′18″	>320～500
400	630	400	1′22″	>160～250	630	2′10″	>250～400	1000	3′26″	>400～630

注：1. 1μrad 等于半径为 1m、弧长为 1μm 所对应的圆心角，5μrad≈1′（秒），300μrad≈1′（分）。

2. 表中数值用于棱体的角度时，以该角短边长度作为 L 选取公差值。

3. 如需要更高或更低等级的圆锥角公差时，按公比 1.6 向两端延伸得到。更高等级用 AT0、AT01 等表示，更低等级用 AT13、AT14 等表示。

表 4-49　圆锥直径公差所能限制的最大圆锥角误差（摘自 GB/T 11334—2005）

圆锥直径公差等级	圆锥直径/mm						
	≤3	>3～6	>6～10	>10～18	>18～30	>30～50	>50～80
	$\Delta\alpha_{max}$/μrad						
IT01	3	4	4	5	6	6	8
IT0	5	6	6	8	10	10	12
IT1	8	10	10	12	15	15	20
IT2	12	15	15	20	25	25	30
IT3	20	25	25	30	40	40	50

（续）

圆锥直径公差等级	圆锥直径/mm						
	≤3	>3～6	>6～10	>10～18	>18～30	>30～50	>50～80
	$\Delta\alpha_{max}$/μrad						
IT4	30	40	40	50	60	70	80
IT5	40	50	60	80	90	110	130
IT6	60	80	90	110	130	160	190
IT7	100	120	150	180	210	250	300
IT8	140	180	220	270	330	300	460
IT9	250	300	360	430	520	620	740
IT10	400	480	580	700	840	1000	1200
IT11	600	750	900	1000	1300	1600	1900
IT12	1000	1200	1500	1800	2100	2500	3000
IT13	1400	1800	2200	2700	3300	3900	4600
IT14	2500	3000	3600	4300	5200	6200	7400
IT15	4000	4800	5800	7000	8400	10000	12000
IT16	6000	7500	9000	11000	13000	16000	19000
IT17	10000	12000	15000	18000	21000	25000	30000
IT18	14000	18000	22000	27000	33000	39000	46000

圆锥直径公差等级	圆锥直径/mm					
	>80～120	>120～180	>180～250	>250～315	>315～400	>400～500
	$\Delta\alpha_{max}$/μrad					
IT01	10	12	20	25	30	40
IT0	15	20	30	40	50	60
IT1	25	35	45	60	70	80
IT2	40	50	70	80	90	100
IT3	60	80	100	120	130	150
IT4	100	120	140	160	180	200
IT5	150	180	200	230	250	270
IT6	220	250	290	320	360	400
IT7	350	400	460	520	570	630
IT8	540	630	720	810	890	970
IT9	870	1000	1150	1300	1400	1550
IT10	1400	1600	1850	2100	2300	2500
IT11	2200	2500	2900	3200	3600	4000
IT12	3500	4000	4600	5200	5700	6300
IT13	5400	6300	7200	8100	8900	9700
IT14	8700	10000	11500	13000	14000	15500
IT15	14000	16000	18500	21000	23000	25000
IT16	22000	25000	29000	32000	36000	40000
IT17	35000	40000	46000	52000	57000	63000
IT18	54000	63000	72000	81000	89000	97000

注：圆锥长度不等于100mm时，需将表中的数值乘以100/L，L的单位为mm。

2）圆锥角公差（AT）可用两种形式表示，即角度值AT_α和线值AT_D给定。AT_α和AT_D的关系如下：$AT_D = AT_\alpha \times L \times 10^{-3}$

式中：AT_D 单位为 μm；AT_α 的单位为 μrad；L 的单位为 mm。

AT_D 值应按上式计算，圆锥角公差等级表中仅给出与圆锥长度 L 的尺寸段相应的 AT_D 范围值。

（3）圆锥的形状公差（T_F）

圆锥的形状公差推荐按 GB/T 1184 中附录 B“图样上注出公差值的规定”选取。

（4）给定截面圆锥直径公差（T_{DS}）

以给定截面圆锥直径 d_x 为公称尺寸，按 GB/T 1800.1 规定的标准公差选取公差值。

4.5.2　圆锥配合

该标准（GB/T 12360—2005）适用于锥度 C 为 1∶3 ~ 1∶500、长度 L 为 6 ~ 630mm、直径至 500mm 的光滑圆锥配合。

1. 术语、定义

（1）圆锥配合

圆锥配合有结构型圆锥配合和位移型圆锥配合。

（2）结构型圆锥配合（图 4-45）

由圆锥结构确定装配位置，内、外圆锥公差区之间的关系。结构型圆锥配合可以是间隙配合、过渡配合或过盈配合。

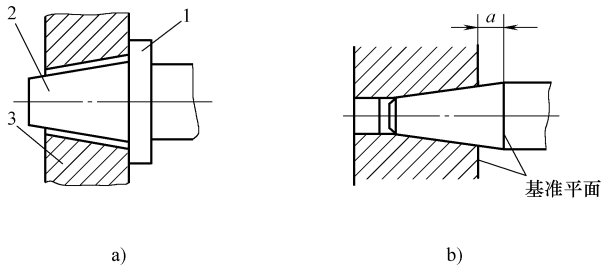


图 4-45　结构型圆锥配合

a）轴肩接触得到间隙配合　b）由结构尺寸 a 得到过盈配合

1—轴肩　2—外圆锥　3—内圆锥

（3）位移型圆锥配合（图 4-46）

内、外圆锥在装配时作一定相对轴向位移（E_a）确定的相互关系。位移型圆锥配合可以是间隙配合或过盈配合。

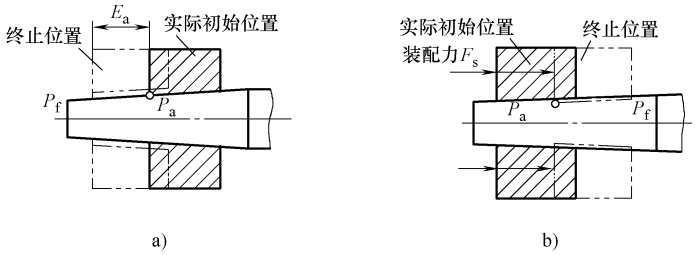


图 4-46　位移型圆锥配合

a）由相对轴向位移 E_a 得到的间隙配合　b）施加一定装配力获得的过盈配合

1）初始位置 P。在不施加力的情况下，相互结合的内、外圆锥表面接触时的轴向位置。

2）极限初始位置 P_1、P_2（图 4-47）。初始位置允许的界限。

极限初始位置 P_1 为内圆锥的下极限圆锥和外圆锥的上极限圆锥接触时的位置。

极限初始位置 P_2 为内圆锥的上极限圆锥和外圆锥的下极限圆锥接触时的位置。

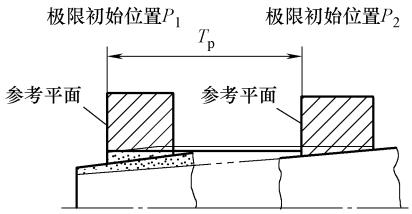


图 4-47　极限初始位置和初始位置公差

3）初始位置公差 T_P。初始位置允许的变动量。它等于极限初始位置 P_1 和 P_2 之间的距离。

$$T_P = \frac{1}{C}(T_{Di} + T_{De})$$

式中　C——锥度；

T_{Di}——内圆锥直径公差；

T_{De}——外圆锥直径公差。

4）实际初始位置 P_a。相互结合的内、外实际圆锥的初始位置。它位于极限初始位置 P_1 和 P_2 之间。

5）终止位置 P_f。相互结合的内、外圆锥，为使其终止状态得到要求的间隙或过盈，所规定的相互轴向位置。

6）装配力 F_s。相互结合的内、外圆锥，为在终止位置 P_f 得到要求的过盈所施加的轴向力。

7）轴向位移 E_a。相互结合的内、外圆锥，从实际初始位置 P_a 到终止位置 P_f 移动的距离。

8）最小轴向位移 E_{amin}。在相互结合的内、外圆锥的终止位置上，得到最小间隙或最小过盈的轴向位移。

9）最大轴向位移 E_{amax}。在相互结合的内、外圆锥的终止位置上，得到最大间隙或最小过盈的轴向位移。

10）轴向位移公差 T_E（图 4-48）。轴向位移允许的变动量。它等于最大轴向位移（E_{amax}）与最小轴向位移（E_{amin}）之差。

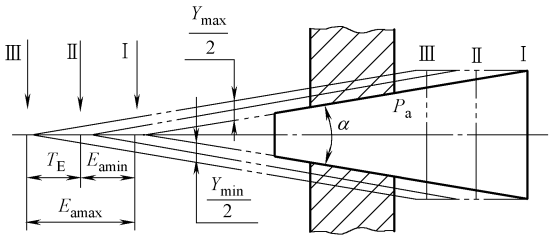


图 4-48　轴向位移及其公差

Ⅰ—实际初始位置　Ⅱ—最小过盈位置　Ⅲ—最大过盈位置

（4）圆锥直径配合量 T_{Df}

圆锥配合在配合直径上允许的间隙或过盈的变动量。圆锥直径配合量是一个没有符号的绝对值。

对于结构型圆锥配合，圆锥直径间隙配合量是最大间隙（X_{max}）与最小间隙（X_{min}）之

差；圆锥直径过盈配合量是最小过盈（Y_{min}）与最大过盈（Y_{max}）之差；圆锥直径过渡配合量是最大间隙（X_{max}）与最大过盈（Y_{max}）之差。圆锥直径配合量也等于内圆锥直径公差（T_{Di}）与外圆锥直径公差（T_{De}）之和。即：

圆锥直径间隙配合量　$T_{Df} = X_{max} - X_{min}$

圆锥直径过渡配合量　$T_{Df} = Y_{min} - Y_{max}$

圆锥直径过渡配合量　$T_{Df} = X_{max} - Y_{max}$

圆锥直径配合量　$T_{Df} = T_{Di} + T_{De}$

对于位移型圆锥配合，圆锥直径间隙配合量是最大间隙（X_{max}）与最小间隙（X_{min}）之差；圆锥直径过盈配合量是最小过盈（Y_{min}）与最大过盈（Y_{max}）之差；也等于轴向位移公差（T_E）与锥度（C）之积。即：

圆锥直径间隙配合量　$T_{Df} = X_{max} - X_{min} = T_E \times C$

圆锥直径过渡配合量　$T_{Df} = Y_{min} - Y_{max} = T_E \times C$

2. 圆锥配合的一般规定

1）结构型圆锥配合推荐优先采用基孔制。内、外圆锥直径公差带代号及配合按 GB/T 1801 选取。

2）位移型圆锥配合的内、外圆锥直径公差带代号的基本偏差推荐选用 H、h、JS、js。其轴向位移的极限值按 GB/T 1801 规定的极限间隙或极限过盈来计算。

3）位移型圆锥配合的轴向位移极限值（E_{amin}、E_{amax}）和轴向位移公差（T_E）按下列公式计算：

对于间隙配合：

$$E_{amin} = \frac{1}{C} \times |X_{min}|$$

$$E_{amax} = \frac{1}{C} \times |X_{max}|$$

$$T_E = E_{amax} - E_{amin} = \frac{1}{C}|X_{max} - X_{min}|$$

式中　C——锥度；

X_{max}——配合的最大间隙；

X_{min}——配合的最小间隙。

对于过盈配合：

$$E_{amin} = \frac{1}{C} \times |Y_{min}|$$

$$E_{amax} = \frac{1}{C} \times |Y_{max}|$$

$$T_E = E_{amax} - E_{amin} = \frac{1}{C}|Y_{max} - Y_{min}|$$

式中　C——锥度；

Y_{max}——配合的最大过盈；

Y_{min}——配合的最小过盈。

3. 圆锥轴向极限偏差

（1）定义

圆锥轴向极限偏差是圆锥的某一极限圆锥与其公称圆锥轴向位置的偏离（图 4-49）。规

定下极限圆锥与公称圆锥的偏离为轴向上偏差（es_z、ES_z）；上极限圆锥与公称圆锥的偏离为轴向下偏差（ei_z、EI_z）。轴向上偏差与轴向下偏差之代数差的绝对值为轴向公差（T_z）。

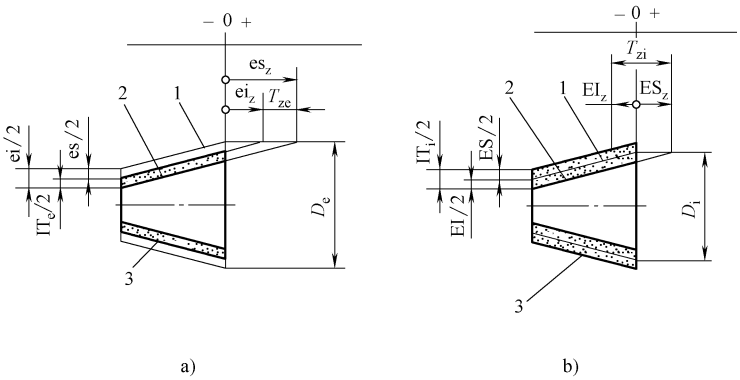


图 4-49　轴向极限偏差示意图

a）外圆锥轴向极限偏差示意图　b）内圆锥轴向极限偏差示意图

1—公称圆锥　2—下极限圆锥　3—上极限圆锥

（2）计算

轴向上偏差　　外圆锥：$es_z = -\frac{1}{C} \times ei$　　内圆锥：$ES_z = -\frac{1}{C} \times EI$

轴向下偏差　　外圆锥：$ei_z = -\frac{1}{C} \times es$　　内圆锥：$EI_z = -\frac{1}{C} \times ES$

轴向基本偏差　外圆锥：$e_z = -\frac{1}{C} \times$ 直径基本偏差

内圆锥：$E_z = -\frac{1}{C} \times$ 直径基本偏差

轴向公差　　外圆锥：$T_{ze} = \frac{1}{C} \times IT_e$　　内圆锥：$T_{zi} = \frac{1}{C} \times IT_i$

（3）圆锥轴向极限偏差计算用表

1）锥度 $C = 1:10$ 时，按照 GB/T 1800.3 规定的基本偏差计算所得的外圆锥的轴向基本偏差（e_z）见表 4-50。

2）锥度 $C = 1:10$ 时，按照 GB/T 1800.3 规定的标准公差计算所得的轴向公差（T_z）见表 4-51。

3）当锥度不等于 1:10 时，圆锥的轴向基本偏差和轴向公差按表 4-50 和表 4-51 给出的数值，乘以表 4-52 和表 4-53 的换算系数进行计算。

4）基孔制的轴向极限偏差按以上 4 个表中的数值由下列公式计算：

内圆锥：基本偏差为 H 时：$ES_z = 0$　　$EI_z = -T_{zi}$

外圆锥：基本偏差为 a 到 g 时：$es_z = e_z + T_{ze}$　　$ei_z = e_z$

基本偏差为 h 时：$es_z = +T_{ze}$　　$ei_z = 0$

基本偏差为 js 时：$es_z = +\frac{T_{ze}}{2}$　　$ei_z = -\frac{T_{ze}}{2}$

基本偏差为 j 到 zc 时：$es_z = e_z$　　$ei_z = e_z - T_{ze}$

表 4-50　锥度 $C=1:10$ 时，外圆锥的轴向基本偏差（e_z）的数值（摘自 GB/T 12360—2005）

（mm）

基本偏差		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k
公称尺寸		公差等级															
大于	至	所有等级												5、6	7	8	≤3、>7
—	3	+2.7	+1.4	+0.6	+0.34	+0.20	+0.14	+0.1	+0.06	+0.04	+0.02	0		+0.02	+0.04	+0.06	0
3	6	+2.7	+1.4	+0.7	+0.46	+0.30	+0.2	+0.14	+0.1	+0.06	+0.04	0		+0.02	+0.04	—	0
6	10	+2.8	+1.5	+0.8	+0.56	+0.40	+0.25	+0.18	+0.13	+0.08	+0.05	0		+0.02	+0.05	—	0
10	14	+2.9	+1.5	+0.95	—	+0.50	+0.32	—	+0.16	—	+0.06	0		+0.03	+0.06	—	0
14	18																
18	24	+3	+1.6	+1.1	—	+0.65	+0.4	—	0.20	—	−0.07	0		+0.04	+0.08	—	0
24	30																
30	40	+3.1	+1.7	+1.2	—	+0.80	+0.5	—	+0.25	—	+0.09	0		+0.05	+0.1	—	0
40	50	+3.2	+1.8	+1.3													
50	65	+3.4	+1.9	+1.4	—	+1	+0.60	—	+0.3	—	+0.1	0		+0.07	+0.12	—	0
65	80	+3.6	+2	+1.5													
80	100	+3.8	+2.2	+1.7	—	+1.2	+0.72	—	+0.36	—	+0.12	0		+0.09	+0.15	—	0
100	120	+4.1	+2.4	+1.8													
120	140	+4.6	+2.6	+2	—	+1.45	+0.85	—	+0.43	—	+0.14	0		+0.11	+0.18	—	0
140	160	+5.2	+2.8	+2.1													
160	180	+5.8	+3.1	+2.3													
180	200	+6.6	+3.4	+2.4	—	+1.7	+1	—	+0.50	—	+0.15	0		+0.13	+0.21	—	0
200	225	+7.4	+3.8	+2.6													
225	250	+8.2	+4.2	+2.8													
250	280	+9.2	+4.8	+3	—	+1.9	+1.1	—	+0.56	—	+0.17	0		+0.16	+0.26	—	0
280	315	+10.5	+5.4	+3.3													
315	355	+12	+6	+3.6	—	+2.1	+1.25	—	+0.62	—	+0.18	0		+0.18	+0.28	—	0
355	400	+13.5	+6.8	+4													
400	450	+15	+7.6	+4.4	—	+2.3	+1.35	—	+0.68	—	+0.2	0		+0.20	+0.32	—	0
450	500	+16.5	+8.4	+4.8													

基本偏差		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
公称尺寸		公差等级														
大于	至	4 至 7	所有等级													
—	3	−0	−0.02	−0.04	−0.06	−0.1	−0.14	—	−0.18	—	−0.20	—	−0.26	−0.32	−0.4	−0.6
3	6	−0.01	−0.04	−0.08	−0.12	−0.15	−0.19	—	−0.23	—	−0.28	—	−0.35	−0.42	−0.5	−0.8
6	10	−0.01	−0.06	−0.01	−0.15	−0.19	−0.23	—	−0.28	—	−0.34	—	−0.42	−0.52	−0.67	−0.97
10	14	−0.01	−0.07	−0.12	−0.18	−0.23	−0.28	—	−0.33	—	−0.4	—	−0.5	−0.64	−0.9	−1.3
14	18								−0.33	−0.39	−0.45	—	−0.6	−0.77	−1.08	−1.5
18	24	−0.02	−0.08	−0.15	−0.22	−0.28	−0.35	—	−0.41	−0.47	−0.54	−0.63	−0.73	−0.98	−1.36	−1.88
24	30							−0.41	−0.48	−0.55	−0.64	−0.75	−0.88	−1.18	−1.6	−2.18
30	40	−0.02	−0.09	−0.17	−0.26	−0.34	−0.43	−0.48	−0.6	−0.68	−0.8	−0.94	−1.12	−1.48	−2	−2.74
40	50							−0.54	−0.7	−0.81	−0.97	−1.14	−1.36	−1.80	−2.42	−3.25
60	65	−0.02	−0.11	0.2	−0.32	−0.41	−0.53	−0.66	−0.87	−1.02	−1.22	−1.44	−1.72	−2.25	−3	−4.05
65	80					−0.43	−0.59	−0.75	−1.02	−1.2	−1.46	−1.74	−2.1	−2.74	−3.6	−4.8
80	100	−0.03	−0.13	0.23	−0.37	−0.51	−0.71	−0.91	−1.24	−1.46	−1.78	−2.14	−2.58	−3.35	−4.45	−5.85
100	120					−0.54	−0.79	−1.04	−1.44	−1.72	−2.10	−2.54	−3.1	−4	−5.25	−6.9
120	140	−0.03	−0.15	—	−0.43	−0.63	−0.92	−1.22	−1.7	−2.02	−2.48	−3	−3.65	−4.7	−6.2	−8
140	160					−0.65	−1	−1.34	−1.9	−2.28	−2.8	−3.4	−4.15	−5.35	−7	−9
160	180					−0.68	−1.08	−1.46	−2.1	−2.52	−3.1	−3.8	−4.65	−6	−7.8	−10

（续）

基本偏差		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
公称尺寸		公差等级														
大于	至	4 至 7	所有等级													
180	200	-0.04	-0.17	—	-0.5	-0.77	-1.22	-1.66	-2.36	-2.84	-3.5	4.25	-5.2	-6.7	-8.8	-11.5
200	225					-0.80	-1.3	-1.8	-2.58	-3.1	-3.85	4.7	-5.75	-7.4	-9.6	-12.5
225	250					-0.84	-1.4	-1.96	-2.84	-3.4	-4.25	-5.2	-6.4	-8.2	-10.5	-13.5
250	280	-0.04	-0.2	—	-0.56	-0.94	-1.58	-2.18	-3.15	-3.85	-4.75	-5.8	-7.1	-9.2	-12	-15.5
280	315					-0.98	-1.7	-2.4	-3.5	-4.25	-5.25	-6.5	-7.9	-10	-13	-17
315	355	-0.04	-0.21	—	-0.62	-1.08	-1.9	-2.68	-3.9	-4.75	-5.9	-7.3	-9	-11.5	-15	-19
355	400					-1.14	-2.08	-2.94	-4.35	-5.3	-6.6	-8.2	-10	-13	-16.5	-21
400	450	-0.05	-0.23	—	-0.68	-1.26	-2.32	-3.3	-4.9	5.95	-7.4	-9.2	-11	-14.5	-18.5	-24
450	500					-1.32	-2.52	-3.6	5.4	6.6	-8.2	10	-12.5	-16	21	-26

注：“+”表示相对于基本圆锥，外圆锥有轴向间隙；“-”表示相对于基本圆锥，外圆锥有轴向过盈。

表 4-51　锥度 $C=1:10$ 时，轴向公差（T_z）的数值（摘自 GB/T 12360—2005）　（mm）

公称尺寸		公差等级									
大于	至	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
—	3	0.02	0.03	0.04	0.06	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1
3	6	0.025	0.04	0.05	0.08	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2
6	10	0.025	0.04	0.06	0.09	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5
10	18	0.03	0.04	0.08	0.11	0.18	0.27	0.43	0.70	1.1	1.8
18	30	0.04	0.05	0.09	0.13	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1
30	50	0.04	0.07	0.11	0.16	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5
50	80	0.05	0.08	0.13	0.19	0.30	0.46	0.74	1.2	1.9	3
80	120	0.06	0.10	0.15	0.22	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5
120	180	0.08	0.12	0.18	0.25	0.40	0.63	1	1.6	2.5	4
180	250	0.10	0.14	0.20	0.29	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6
250	315	0.12	0.16	0.23	0.32	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2
315	400	0.13	0.18	0.25	0.36	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7
400	500	0.15	0.20	0.27	0.40	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3

表 4-52　一般用途圆锥的换算系数（摘自 GB/T 12360—2005）

基本值		换算系数	基本值		换算系数
系列 1	系列 2		系列 1	系列 2	
1:3		0.3		1:15	1.5
	1:4	0.4	1:20		2
1:5		0.5	1:30		3
	1:6	0.6		1:40	4
	1:7	0.7	1:50		5
	1:8	0.8	1:100		10
1:10		1	1:200		20
	1:12	1.2	1:500		50

表 4-53　特殊用途圆锥的换算系数（摘自 GB/T 12360—2005）

基本值	换算系数	基本值	换算系数
18°30′	0.3	1:18.779	1.8
11°54′	0.48	1:19.002	1.9
8°40′	0.66	1:19.180	1.92
7°40′	0.75	1:19.212	1.92
7:24	0.34	1:19.254	1.92
1:9	0.9	1:19.264	1.92
1:12.262	1.2	1:19922	1.99
1:12.972	1.3	1:20.020	2
1:15.748	1.57	1:20.047	2
1:16.666	1.67	1:20.228	2

第 5 章　几 何 公 差

5.1　术语、定义和符号

5.1.1　术语及定义

1. 要素

几何要素（简称要素）是指构成零件的几何特性的点、线和面，如图 5-1 所示。

2. 组成要素

组成要素是构成零件外形的，并能为人们所看到和触摸到的。如：平面、球面、圆锥面等。

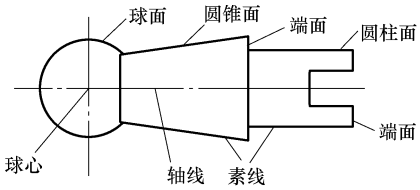


图 5-1　零件的几何要素

3. 导出要素

导出要素是由一个或几个组成要素形成的中心线、中心点或中心面等中心要素。如：球心是由球面得到的导出要素，该球面为组成要素；圆柱面的中心线是由圆柱面得到的导出要素，该圆柱面为组成要素等。

4. 尺寸要素

由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状。尺寸要素可以是圆柱形、球形、两平行对应面、圆锥形或楔形。

5. 工件实际表面

实际存在并将整个工件与周围介质分隔的一组要素。

6. 公称组成要素

由技术制图或其他方法确定的理论正确组成要素（图 5-2 中的 A）。

7. 公称导出要素

由一个或几个公称组成要素导出的中心点、轴线或中心面（图 5-2 中的 B）。

8. 实际（组成）要素

由接近实际（组成）要素所限定的工件实际表面的组成要素部分（图 5-2 中的 C）。

9. 提取组成要素

按规定方法，由实际（组成）要素提取有限数目的点所形成的实际（组成）要素的近似替代（图 5-2 中的 D）。

10. 提取导出要素

由一个或几个提取组成要素得到的中心点、中心线或中心面（图 5-2 中的 E）。

11. 拟合组成要素

按规定方法，由提取组成要素形成的并具有理想形状的组成要素（图 5-2 中的 F）。

12. 拟合导出要素

由一个或几个拟合组成要素导出的中心点、轴线或中心平面（图 5-2 中的 G）。

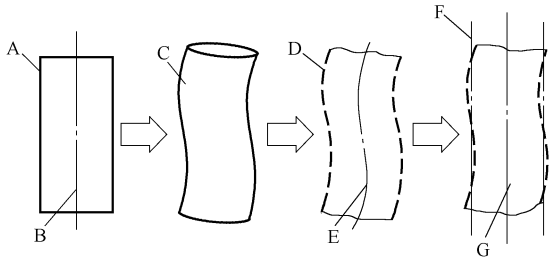


图 5-2　几何要素定义之间的相互关系

13. 提取要素的默认规定

提取要素按惯例选择的相关的具体补充规定。它只适用于图样上或其他技术文件中采用基本的公差标注的情况。

14. 圆柱面的提取中心线（图 5-3）

圆柱面的各截面中心的轨迹，其中横截面的中心是拟合圆的圆心；横截面垂直于由提取表面得到的拟合圆柱面（其半径可能与公称半径不同）的轴线。

15. 圆锥面的提取中心线（图 5-4）

圆锥面的各截面中心的轨迹，其中横截面的中心是拟合圆的圆心；横截面垂直于由提取表面得到的拟合圆锥面（其角度可能与公称角度不同）的轴线。

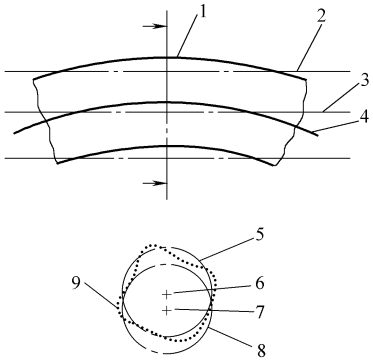


图 5-3　圆柱面的提取中心线

1—提取表面　2—拟合圆柱面　3—拟合圆柱面轴线
4—提取中心线　5—拟合面　6—拟合圆圆心
7—拟合圆柱面轴线　8—拟合圆柱面　9—提取线

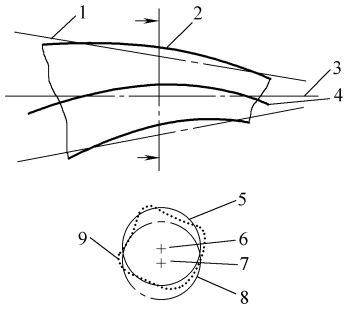


图 5-4　圆锥面的提取中心线

1—拟合圆锥面　2—提取表面　3—拟合轴线
4—提取中心线　5—拟合面　6—拟合圆圆心
7—拟合圆锥面轴线　8—拟合圆锥面　9—提取线

16. 提取中心面（图 5-5、图 5-6）

两对应提取表面的所有对应点之间中点的轨迹，其中所有对应点的连线均垂直于拟合中心平面；拟合中心平面是由两对应提取表面得到的两拟合平行平面的中心平面（两拟合平行平面之间的距离可能与公称距离不同）。

17. 提取圆柱面的局部尺寸

提取圆柱面的局部直径。

要素上两对应点之间的距离，其中：两对应点之间的连线通过拟合圆圆心；横截面垂直于由提取表面得到的拟合圆柱面的轴线。

18. 两平行提取表面的局部尺寸（图5-7）

两平行对应提取表面上两对应点之间的距离，其中：所有对应点的连线均垂直于拟合中心平面；拟合中心平面是由两平行提取表面得到的两拟合平行平面的中心平面（两拟合平行平面之间的距离可能与公称距离不同）。

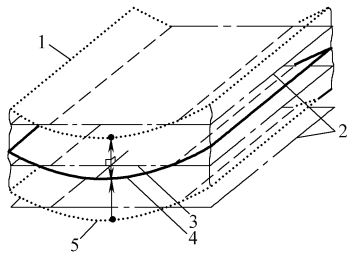


图5-5　提取中心面

1—提取表面　2—拟合平面　3—拟合中心平面
4—提取中心面　5—提取表面

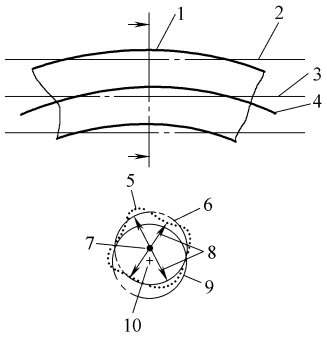


图5-6　提取圆柱面的局部直径

1—提取表面　2—拟合圆柱面　3—拟合圆柱面轴线
4—提取中心线　5—提取线　6—拟合面
7—拟合圆圆心　8—提取要素的局部直径
9—拟合圆柱面　10—拟合圆柱面轴线

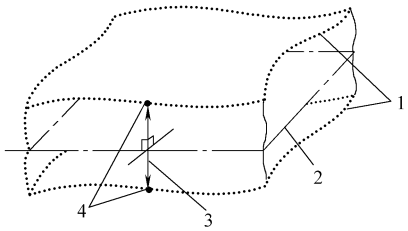


图5-7　两平行提取表面的局部尺寸

1—提取表面　2—拟合中心平面
3—两提取表面的局部尺寸　4—对应点

19. 最大实体状态（MMC）

假定提取组成要素的局部尺寸处处位于极限尺寸且使其具有实体最大时的状态。

20. 最大实体尺寸（MMS）

确定要素最大实体状态时尺寸，即外尺寸要素的上极限尺寸，内尺寸要素的下极限尺寸。

21. 最小实体状态（LMC）

假定提取组成要素的局部尺寸处处位于极限尺寸且使其具有实体最小时的状态。

22. 最小实体尺寸（LMS）

确定要素最小实体状态时尺寸，即外尺寸要素的下极限尺寸，内尺寸要素的上极限尺寸。

23. 最大实体实效尺寸（MMVS）

尺寸要素的最大实体与其导出要素的几何公差（形状、方向或位置）共同作用产生的尺寸。

24. 最大实体实效状态（MMVC）

拟合要素的尺寸为其最大实体实效尺寸（MMVS）时的状态。

25. 最小实体实效尺寸（LMVS）

尺寸要素的最小实体与其导出要素的几何公差（形状、方向或位置）共同作用产生的尺寸。

26. 最小实体实效状态（LMVC）

拟合要素的尺寸为其最小实体实效尺寸（LMVS）时的状态。

27. 最大实体要求（MMR）

尺寸要素的非理想要素不得违反其最大实体实效状态（MMVC）的一种尺寸要素要求，也即尺寸要素的非理想要素不得超越其最大实体实效边界（MMVB）的一种尺寸要素要求。

28. 最小实体要求（LMR）

尺寸要素的非理想要素不得违反其最小实体实效状态（LMVC）的一种尺寸要素要求，也即尺寸要素的非理想要素不得超越其最小实体实效边界（LMVB）的一种尺寸要素要求。

29. 可逆要求（RPR）

最大实体要求（MMR）或最小实体要求（LMR）的附加要求，表示尺寸公差可以在实际几何误差小于几何公差之间的差值范围内增大。

30. 基准

与被测要素有关且用来确定其几何位置关系的一个几何理想要素（如轴线、直线、平面等），可由零件上的一个或多个要素构成。

31. 基准体系

由两个或三个单独的基准构成的组合用来确定被测要素几何位置关系。

32. 基准要素

零件上用来建立基准并实际起基准作用的实际要素（如一条边、一个表面或一个孔）。

33. 基准目标

零件上与加工或检验设备相接触的点、线或局部区域，用来体现满足功能要求的基准。

34. 模拟基准要素

在加工和检测过程中用来建立基准并与基准要素相接触，且具有足够精度的实际表面（如一个平板、一个支撑或一根芯轴）。

35. 三基面体系

由三个互相垂直的基准平面组成的基准体系。

5.1.2 几何公差的符号

几何公差分为形状公差、方向公差、位置公差和跳动公差四种类型。

形状公差是指实际单一要素允许的变动量。形状公差有直线度、平面度、圆柱度和圆度等几何特征。

方向公差是指实际关联要素相对于基准要素的理想方向所允许的变动量。方向公差有垂直度、平行度和倾斜度等几何特征。

位置公差则是指实际关联要素相对于基准在位置方面所允许的变动量。位置公差有同心度、对称度、位置度和同轴度等几何特征。

跳动公差包括圆跳动和全跳动。圆跳动的被测要素有圆柱面、圆锥面和端面、全跳动的被测要素有圆柱面和端面，基准要素为轴线。

1. 几何公差的特性与符号（表 5-1）

表 5-1　几何公差的几何特性与符号（摘自 GB/T 1182—2008）

公差类型	几何特征	符号	有无基准	公差类型	几何特征	符号	有无基准
形状公差	直线度	—	无	方向公差	面轮廓度	⌓	有
	平面度	▱		位置公差	位置度	⌖	
	圆度	○			同心度(用于中心点)	◎	
	圆柱度	⌭			同轴度(用于轴线)	◎	
	线轮廓度	⌒			对称度	⌯	
	面轮廓度	⌓			线轮廓度	⌒	
方向公差	平行度	//	有		面轮廓度	⌓	
	垂直度	⊥		跳动公差	圆跳动	↗	
	倾斜度	∠			全跳动	⌰	
	线轮廓度	⌒					

2. 几何公差的附加符号（表 5-2）

表 5-2　几何公差附加符号（摘自 GB/T 1182—2008）

说明	符号	说明	符号
被测要素		基准要素	A　A
基准目标	$\frac{\phi 2}{A1}$	理论正确尺寸	50
最大实体要求	Ⓜ	最小实体要求	Ⓛ
延伸公差带	Ⓟ	自由状态条件(非刚性零件)	Ⓕ
包容要求	Ⓔ	可逆要求	®
大径	MD	小径	LD
中径、节径	PD	公共公差带	CZ
线素	LE	不凸起	NC
任意横截面	ACS	全周(轮廓)	

5.1.3　几何公差带的定义

1. 公差带

由一个或几个理想的几何线或面所限定的、由线性公差值表示其大小的区域，具有一定的形状、大小、方向和位置四个特征要素。

2. 几何公差带的四个要素

(1) 几何公差带的形状

几何公差带的形状是指由要素本身的特征和设计要求确定的，常用的公差带有以下九种

主要形状（图 5-8）。

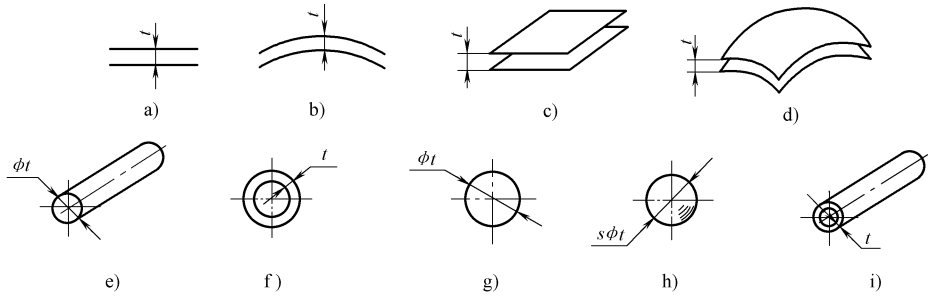


图 5-8　几何公差带的主要形状

a）两平行直线　b）两等距曲线　c）两平行平面　d）两等距曲面　e）一个圆柱面
f）一个圆形　g）一个圆　h）一个球　i）一个厚壁圆筒体

（2）几何公差带的大小

公差带的大小是指公差标注中公差值的大小，它是指允许提取要素变动的全量，根据公差带的形状不同，可以是指公差带的宽度或直径。

（3）几何公差带的方向

公差带方向（公差带的宽度方向）为被测要素的方向。如另有说明时除外，如图 5-9 中斜向圆跳动公差带方向要求与基准轴线成 α 角。对于圆度公差带的方向应垂直于公称轴。

（4）几何公差带的位置

公差带位置有浮动和固定两种形式，它们取决于被测要素的几何特征和标注形式。

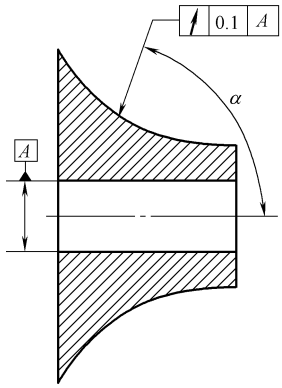
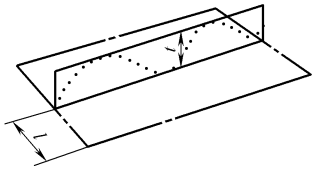
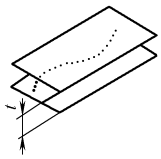
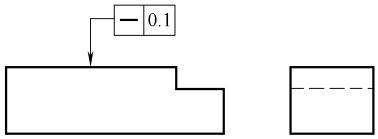
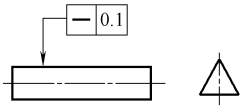


图 5-9　公差带方向不是被测要素的法向的标注

3. 公差带的定义、标注和解释（表 5-3）

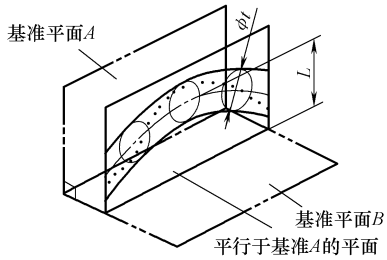
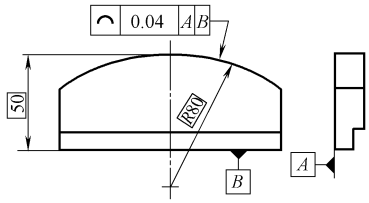
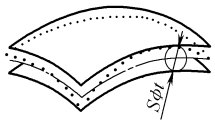
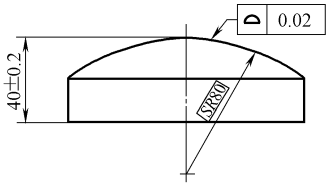
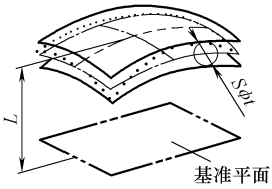
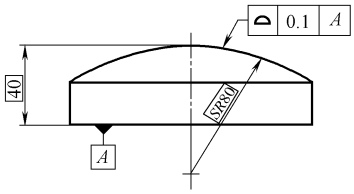
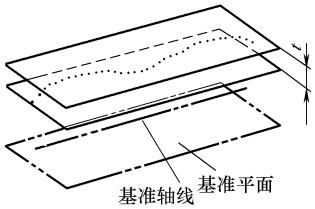
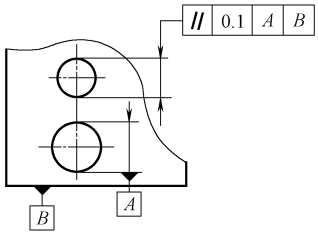
表 5-3　公差带的定义、标注和解释（摘自 GB/T 1182—2008）　　（mm）

符号	公差带的定义	标注及解释
—	直线度公差	
	公差带为在给定平面内和给定方向上，间距等于公差值 t 的两平行直线所限定的区域  l 为任一距离 公差带为间距等于公差值 t 的两平行平面所限定的区域 	在任一平行于图示投影面的平面内，上平面的提取（实际）线应限定在间距等于 0.1 的两平行直线之间  提取（实际）的棱边应限定在间距等于 0.1 的两平行平面之间 

（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
—	由于公差值前加注了符号 ϕ，公差带为直径等于公差值 ϕt 的圆柱面所限定的区域	外圆柱面的提取（实际）中心线应限定在直径等于 ϕ0.08 的圆柱面内
▱	平面度公差	
	公差带为间距等于公差值 t 的两平行平面所限定的区域	提取（实际）表面应限定在间距等于 0.08 的两平行平面之间
○	圆度公差	
	公差带为在给定横截面内、半径差等于公差值 t 的两同心圆所限定的区域 任一横截面	在圆柱面和圆锥面的任意横截面内，提取（实际）圆周应限定在半径差等于 0.03 的两共面同心圆之间 在圆锥面的任意横截面内，提取（实际）圆周应限定在半径差等于 0.1 的两同心圆之间 注：提取圆周的定义尚未标准化。
⌭	圆柱度公差	
	公差带为半径差等于公差值 t 的两同轴圆柱面所限定的区域	提取（实际）圆柱面应限定在半径差等于 0.1 的两同轴圆柱面之间
⌒	无基准的线轮廓度公差（见 GB/T 17852）	
	公差带为直径等于公差值 t、圆心位于具有理论正确几何形状上的一系列圆的两包络线所限定的区域 垂直于右侧视图所在平面 l 为任一距离	在任一平行于图示投影面的截面内，提取（实际）轮廓线应限定在直径等于 0.04、圆心位于被测要素理论正确几何形状上的一系列圆的两包络线之间 2×R10 22±0.1 R23 22 60

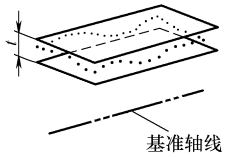
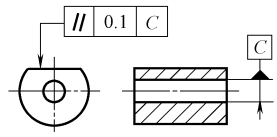
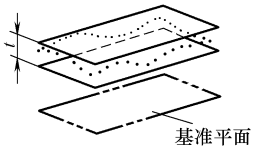
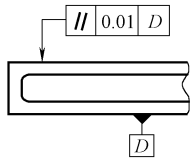
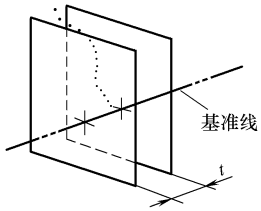
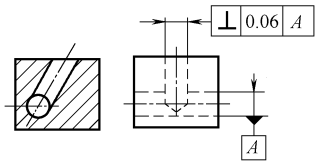
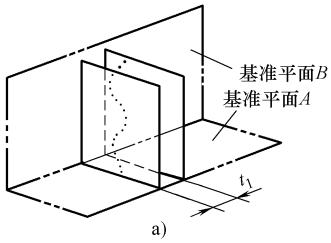
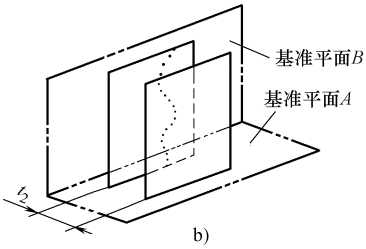
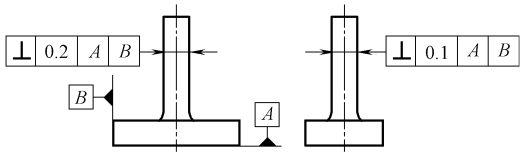
（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
⌒	相对于基准体系的线轮廓度公差（见 GB/T 17852）	
	公差带为直径等于公差值 t、圆心位于由基准平面 A 和基准平面 B 确定的被测要素理论正确几何形状上的一系列圆的两包络线所限定的区域  	在任一平行于图示投影平面的截面内，提取（实际）轮廓线应限定在直径等于 0.04、圆心位于由基准平面 A 和基准平面 B 确定的被测要素理论正确几何形状上的一系列圆的两等距包络线之间 
⌓	无基准的面轮廓度公差（见 GB/T 17852）	
	公差带为直径等于公差值 t、球心位于被测要素理论正确形状上的一系列圆球的两包络面所限定的区域  	提取（实际）轮廓面应限定在直径等于 0.02、球心位于被测要素理论正确几何形状上的一系列圆球的两等距包络面之间 
	相对于基准的面轮廓度公差（见 GB/T 17852）	
	公差带为直径等于公差值 t、球心位于由基准平面 A 确定的被测要素理论正确几何形状上的一系列圆球的两包络面所限定的区域  	提取（实际）轮廓面应限定在直径等于 0.1、球心位于由基准平面 A 确定的被测要素理论正确几何形状上的一系列圆球的两等距包络面之间 
//	平行度公差	
	线对基准体系的平行度公差	
	公差带为间距等于公差值 t、平行于两基准的两平行平面所限定的区域  	提取（实际）中心线应限定在间距等于 0.1、平行于基准轴线 A 和基准平面 B 的两平行平面之间 

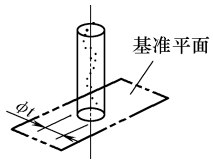
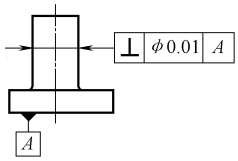
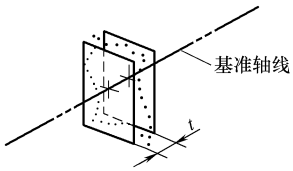
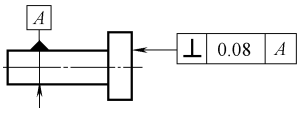
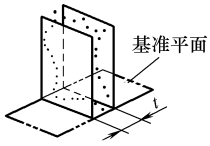
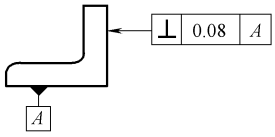
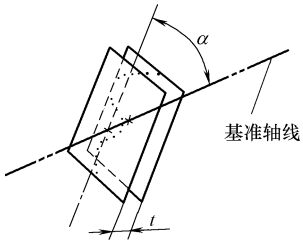
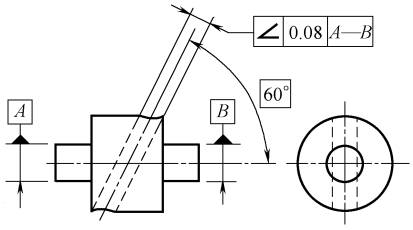
（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
//	公差带为间距等于公差值 t、平行于基准轴线 A 且垂直于基准平面 B 的两平行平面所限定的区域 t 基准轴线　基准平面	提取（实际）中心线应限定在间距等于0.1的两平行平面之间，该两平行平面平行于基准轴线 A 且垂直于基准平面 B // 0.1 A B A B
	公差带为平行于基准轴线和平行或垂直于基准平面、间距分别等于公差值 t_1 和 t_2 且相互垂直的两组平行平面所限定的区域 t_2　t_1 基准轴线　基准平面	提取（实际）中心线应限定在平行于基准轴线 A 和平行或垂直于基准平面 B、间距分别等于公差值0.1和0.2，且相互垂直的两组平行平面之间 // 0.2 A B // 0.1 A B B　A
	线对基准线的平行度公差	
	若公差值前加注了符合 ϕ，公差带为平行于基准轴线、直径等于公差值 ϕt 的圆柱面所限定的区域 ϕt 基准轴线	提取（实际）中心线应限定在平行于基准轴线 A，直径等于 ϕ0.03 的圆柱面内 // ϕ0.03 A A
	线对基准面的平行度公差	
	公差带为平行于基准平面、间距等于公差值 t 的两平行平面所限定的区域 t 基准平面	提取（实际）中心线应限定在平行于基准平面 B、间距等于0.01的两平行平面之间 // 0.01 B B
	线对基准体系的平行度公差	
	公差带为间距等于公差值 t 的两平行直线所限定的区域。该两平行直线平行于基准平面 A 且处于平行于基准平面 B 的平面内 基准平面B 基准平面A	提取（实际）线应限定在间距等于0.02的两平行直线之间，该两平行直线平行于基准平面 A、且处于平行于基准平面 B 的平面内 // 0.02 A B LE B　A

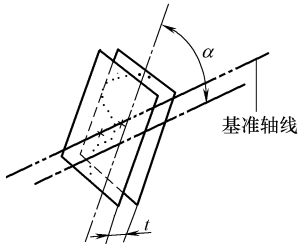
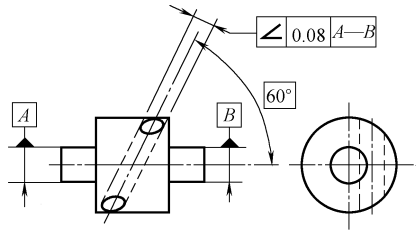
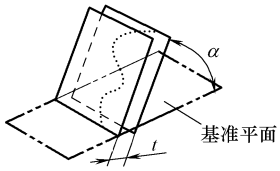
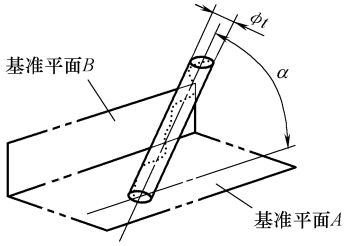
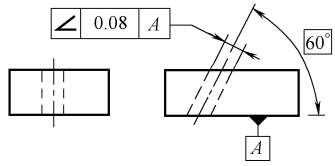
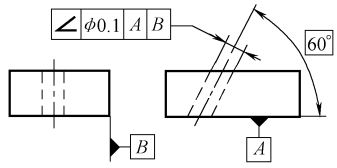
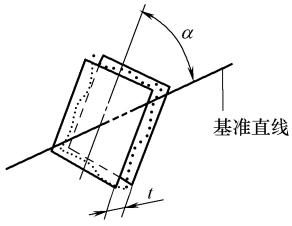
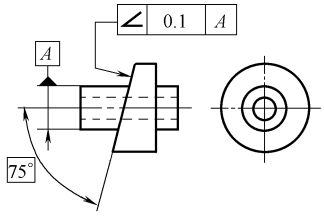
（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
//	面对基准线的平行度公差	
	公差带为间距等于公差值 t、平行于基轴线的两平行平面所限定的区域  	提取(实际)表面应限定在间距等于0.1、平行于基准轴线 C 的两平行平面之间 
	面对基准面的平行度公差	
	公差带为间距等于公差值 t、平行于基准平面的两平行平面所限定的区域  	提取(实际)表面应限定在间距等于0.01、平行于基准 D 的两平行平面之间 
⊥	垂直度公差	
	线对基准线的垂直度公差	
	公差带为间距等于公差值 t、垂直于基准线的两平行平面所限定的区域  	提取(实际)中心线应限定在间距等于0.06、垂直于基准轴线 A 的两平行平面之间 
⊥	公差带为间距分别等于公差值 t_1 和 t_2，且互相垂直的两组平行平面所限定的区域。该两组平行平面都垂直于基准平面 A，其中一组平行平面垂直于基准平面 B(见图 a)，另一组平行平面平行于基准平面 B(见图 b)  a)  b)	圆柱的提取(实际)中心线应限定在间距分别等于0.1和0.2，且相互垂直的两组平行平面内，该两组平行平面垂直于基准平面 A 且垂直或平行于基准平面 B 

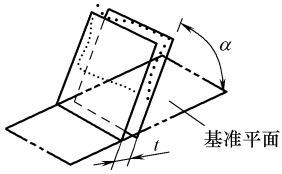
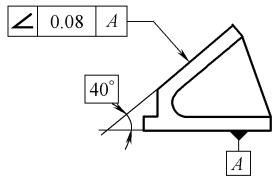
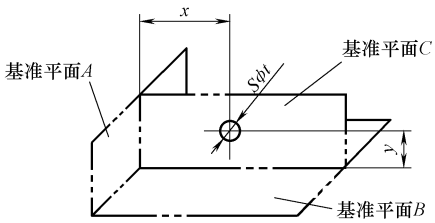
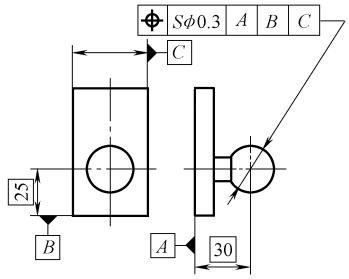
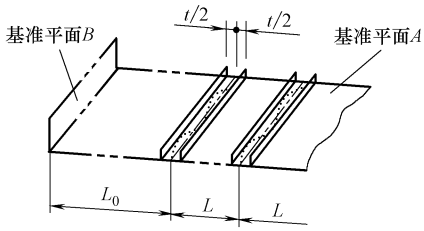
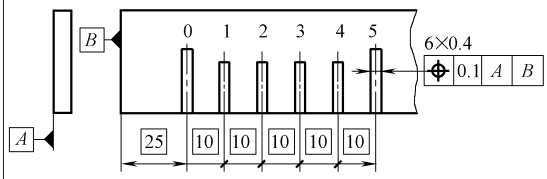
（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
⊥	线对基准面的垂直度公差	
	若公差值前加注符号 ϕ，公差带为直径等于公差值 ϕt、轴线垂直于基准平面的圆柱面所限定的区域  	圆柱面的提取（实际）中心线应限定在直径等于 ϕ0.01、垂直于基准平面 A 的圆柱面内 
	面对基准线的垂直度公差	
	公差带为间距等于公差值 t 且垂直于基准轴线的两平行平面所限定的区域  	提取（实际）表面应限定在间距等于 0.08 的两平行平面之间。该两平行平面垂直于基准轴线 A 
	面对基准平面的垂直度公差	
	公差带为间距等于公差值 t、垂直于基准平面的两平行平面所限定的区域  	提取（实际）表面应限定在间距等于 0.08、垂直于基准平面 A 的两平行平面之间 
∠	倾斜度公差	
	线对基准线的倾斜度公差	
	a）被测线与基准线在同一平面上 公差带为间距等于公差值 t 的两平行平面所限定的区域。该两平行平面按给定角度倾斜于基准轴线  	提取（实际）中心线应限定在间距等于 0.08 的两平行平面之间，该两平行平面按理论正确角度 60° 倾斜于公共基准轴线 A—B 

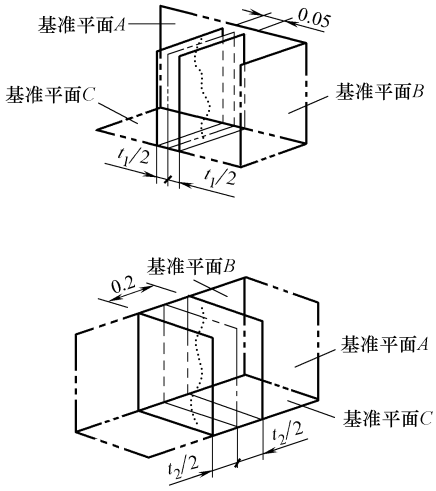
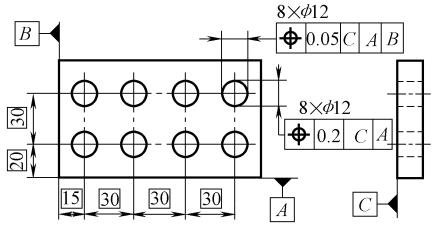
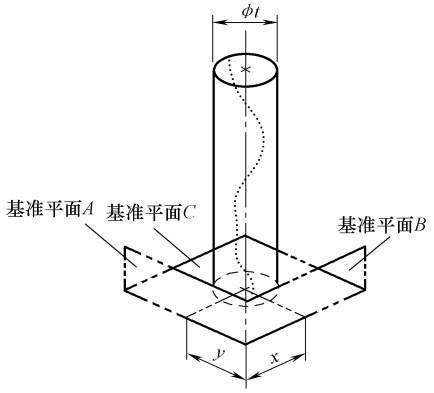
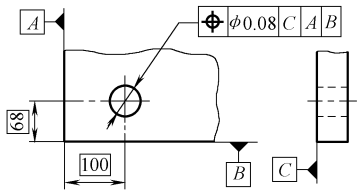
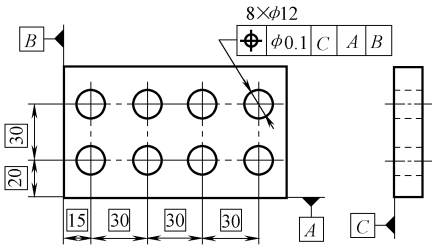
（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
∠	b）被测线与基准线在不同平面内 公差带为间距等于公差值 t 的两平行平面所限定的区域。该两平行平面按给定角度倾斜于基准轴线  	提取（实际）中心线应限定在间距等于 0.08 的两平行平面之间。该两平行平面按理论正确角度 60° 倾斜于公共基准轴线 $A—B$ 
	线对基准面的倾斜度公差	
	公差带为间距等于公差值 t 的两平行平面所限定的区域。该两平行平面按给定角度倾斜于基准平面  公差值前加注符号 ϕ，公差带为直径等于公差值 ϕt 的圆柱面所限定的区域。该圆柱面公差带的轴线按给定角度倾斜于基准平面 A 且平行于基准平面 B  	提取（实际）中心线应限定在间距等于 0.08 的两平行平面之间，该两平行平面按理论正确角度 60° 倾斜于基准平面 A  提取（实际）中心线应限定在直径等于 $\phi 0.1$ 的圆柱面内。该圆柱面的中心线按理论正确角度 60° 倾斜于基准平面 A 且平行于基准平面 B 
	面对基准线的倾斜度公差	
	公差带为间距等于公差值 t 的两平行平面所限定的区域。该两平行平面按给定角度倾斜于基准直线  	提取（实际）表面应限定在间距等于 0.1 的两平行平面之间，该两平行平面按理论正确角度 75° 倾斜于基准轴线 A 

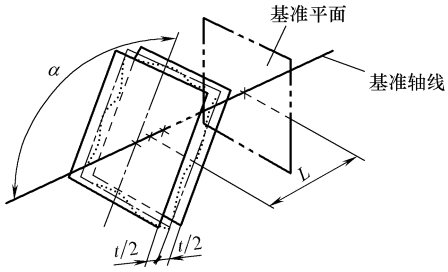
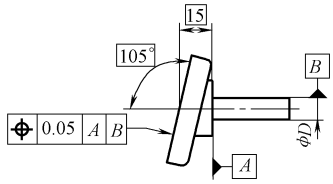
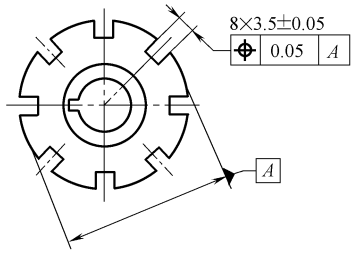
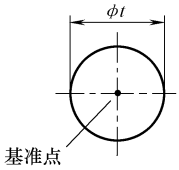
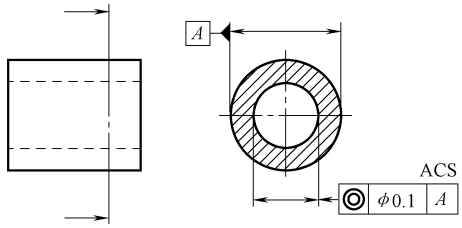
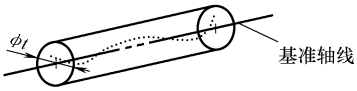
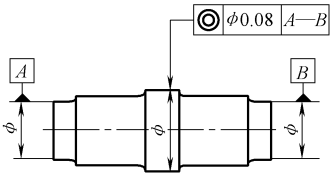
（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
	面对基准面的倾斜度公差	
∠	公差带为间距等于公差值 t 的两平行平面所限定的区域。该两平行平面按给定角度倾斜于基准平面  	提取（实际）表面应限定在间距等于 0.08 的两平行平面之间。该两平行平面按理论正确角度 40° 倾斜于基准平面 A 
	位置度公差（GB/T 13319）	
	点的位置度公差	
⌖	公差值前加注 $S\phi$，公差带为直径等于公差值 $S\phi t$ 的圆球面所限定的区域。该圆球面中心的理论正确位置由基准 A、B、C 和理论正确尺寸确定  	提取（实际）球心应限定在直径等于 $S\phi0.3$ 的圆球面内。该圆球面的中心由基准平面 A，基准平面 B、基准中心平面 C 和理论正确尺寸 30、25 确定 注：提取（实际）球心的定义尚未标准化。 
	线的位置度公差	
	给定一个方向的公差时，公差带为间距等于公差值 t、对称于线的理论正确位置的两平行平面所限定的区域。线的理论正确位置由基准平面 A、B 和理论正确尺寸确定，公差只在一个方向上给定  	各条刻线的提取（实际）中心线应限定在间距等于 0.1，对称于基准平面 A、B 和理论正确尺寸 25、10 确定的理论正确位置的两平行平面之间 

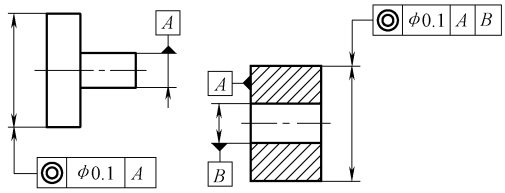
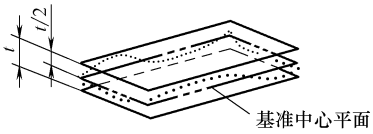
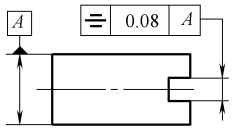
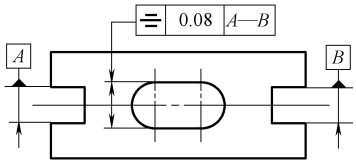
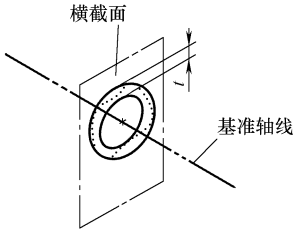
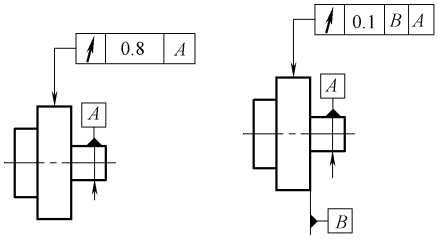
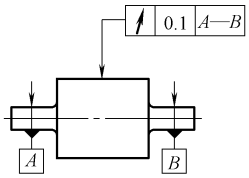
（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
	（续）线的位置度公差	
⌖	给定两个方向的公差时，公差带为间距分别等于公差值 t_1 和 t_2、对称于线的理论正确（理想）位置的两对相互垂直的平行平面所限定的区域。线的理论正确位置由基准平面 C、A 和 B 及理论正确尺寸确定。该公差在基准体系的两个方向上给定  	各孔的测得（实际）中心线在给定方向上应各自限定在间距分别等于 0.05 和 0.2、且相互垂直的两对平行平面内。每对平行平面对称于由基准平面 C、A、B 和理论正确尺寸 20、15、30 确定的各孔轴线的理论正确位置 
	公差值前加注符号 ϕ，公差带为直径等于公差值 ϕt 的圆柱面所限定的区域。该圆柱面的轴线的位置由基准平面 C、A、B 和理论正确尺寸确定  	提取（实际）中心线应限定在直径等于 $\phi0.08$ 的圆柱面内。该圆柱面的轴线的位置应处于由基准平面 C、A、B 和理论正确尺寸 100、68 确定的理论正确位置上  各提取（实际）中心线应各自限定在直径等于 $\phi0.1$ 的圆柱面内。该圆柱面的轴线应处于由基准平面 C、A、B 和理论正确尺寸 20、15、30 确定的各孔轴线的理论正确位置上 

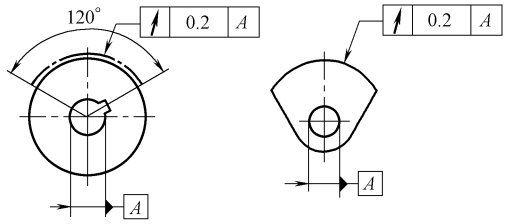
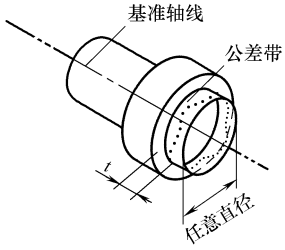
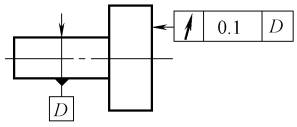
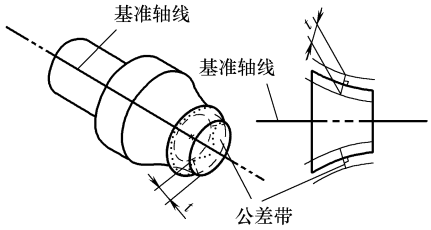
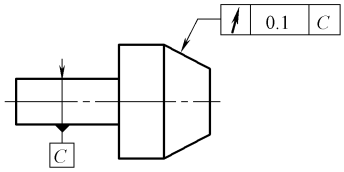
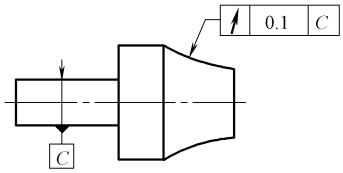
（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
	轮廓平面或者中心平面的位置度公差	
⌖	公差带为间距等于公差值 t，且对称于被测面理论正确位置的两平行平面所限定的区域。面的理论正确位置由基准平面、基准轴线和理论正确尺寸确定  	提取（实际）表面应限定在间距等于 0.05 且对称于被测面的理论正确位置的两平行平面之间。该两平行平面对称于由基准平面 A、基准轴线 B 和理论正确尺寸 15、105°确定的被测面的理论正确位置  提取（实际）中心面应限定在间距等于 0.05 的两平行平面之间。该两平行平面对称于由基准轴线 A 和理论正确角度 45°确定的各被测面的理论正确位置  注：有关 8 个缺口之间理论正确角度的默认规定见 GB/T 13319。
	同心度和同轴度公差	
	点的同心度公差	
	公差值前标注符号 ϕ，公差带为直径等于公差值 ϕt 的圆周所限定的区域。该圆周的圆心与基准点重合  	在任意横截面内，内圆的提取（实际）中心应限定在直径等于 ϕ0.1，以基准点 A 为圆心的圆周内 
◎	轴线的同轴度公差	
	公差值前标注符号 ϕ，公差带为直径等于公差值 ϕt 的圆柱面所限定的区域。该圆柱面的轴线与基准轴线重合  	大圆柱面的提取（实际）中心线应限定在直径等于 ϕ0.08、以公共基准轴线 A—B 为轴线的圆柱面内  大圆柱面的提取（实际）中心线应限定在直径等于 ϕ0.1，以基准轴线 A 为轴线的圆柱面内 大圆柱面的提取（实际）中心线应限定在直径等于 ϕ0.1，以垂直于基准平面 A 的基准轴线 B 为轴线的圆柱面内

（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
◎		
⌯	对称度公差	
	中心平面的对称度公差	
	公差带为间距等于公差值 t，对称于基准中心平面的两平行平面所限定的区域 	提取（实际）中心面应限定在间距等于 0.08，对称于基准中心平面 A 的两平行平面之间  提取（实际）中心面应限定在间距等于 0.08，对称于公共基准中心平面 A—B 的两平行平面之间 
↗	圆跳动公差	
	径向圆跳动公差	
	公差带为在任一垂直于基准轴线的横截面内、半径差等于公差值 t、圆心在基准轴线上的两同心圆所限定的区域 	在任一垂直于基准 A 的横截面内，提取（实际）圆应限定在半径差等于 0.1，圆心在基准轴线 A 上的两同心圆之间 在任一平行于基准平面 B、垂直于基准轴线 A 的截面上，提取（实际）圆应限定在半径差等于 0.1，圆心在基准轴线 A 上的两同心圆之间  在任一垂直于公共基准轴线 A—B 的横截面内，提取（实际）圆应限定在半径差等于 0.1、圆心在基准轴线 A—B 上的两同心圆之间 

（续）

符号	公差带的定义	标注及解释
↗	圆跳动通常适用于整个要素，但亦可规定只适用于局部要素的某一指定部分	在任一垂直于基准轴线 A 的横截面内，提取（实际）圆弧应限定在半径差等于0.2、圆心在基准轴线 A 上的两同心圆弧之间 
	轴向圆跳动公差	
	公差带为与基准轴线同轴的任一半径的圆柱截面上，间距等于公差值 t 的两圆所限定的圆柱面区域  	在与基准轴线 D 同轴的任一圆柱形截面上，提取（实际）圆应限定在轴向距离等于0.1的两个等圆之间 
	斜向圆跳动公差	
	公差带为与基准轴线同轴的某一圆锥截面上，间距等于公差值 t 的两圆所限定的圆锥面区域 除非另有规定，测量方向应沿被测表面的法向  	在与基准轴线 C 同轴的任一圆锥截面上，提取（实际）线应限定在素线方向间距等于0.1的两不等圆之间  当标注公差的素线不是直线时，圆锥截面的锥角要随所测圆的实际位置面改变 

（续）

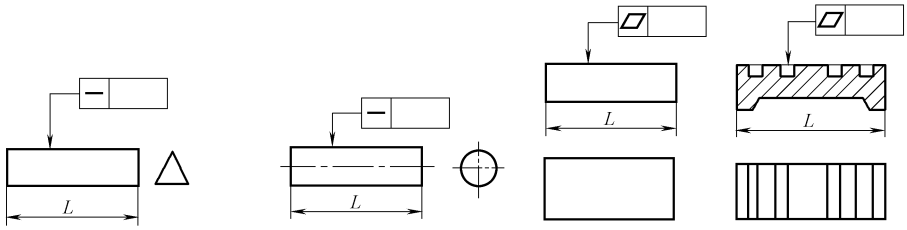
符号	公差带的定义	标注及解释
	给定方向的倾向圆跳动公差	
↗	公差带为在与基准轴线同轴的、具有给定锥角的任一圆锥截面上，间距等于公差值 t 的两不等圆所限定的区域 基准轴线　基准轴线　α　t　公差带	在与基准轴线 C 同轴且具有给定角度 60° 的任一圆锥截面上，提取（实际）圆应限定在素线方向间距等于 0.1 的两不等圆之间 ↗ 0.1 C　60°　C
	全跳动公差	
	径向全跳动公差	
	公差带为半径差等于公差值 t，与基准轴线同轴的两圆柱面所限定的区域 基准轴线　t	提取（实际）表面应限定在半径差等于 0.1，与公共基准轴线 A—B 同轴的两圆柱面之间 ↗ 0.1 A—B　A　B
⌰	轴向全跳动公差	
	公差带为间距等于公差值 t，垂直于基准轴线的两平行平面所限定的区域 提取表面　基准轴线　t　ϕd	提取（实际）表面应限定在间距等于 0.1，垂直于基准轴线 D 的两平行平面之间 ↗ 0.1 D　ϕd　D

5.2　几何公差数值及应用

5.2.1　几何公差注出公差值的规定

几何公差的注出公差值见表 5-4 ~ 表 5-7。

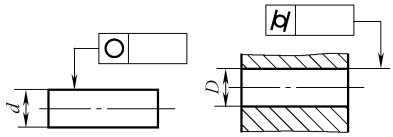
表 5-4　直线度、平面度公差值（摘自 GB/T 1184—1996）　　（μm）



主参数 L/mm	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
≤10	0.2	0.4	08	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60
>10～16	0.25	0.5	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80
>16～25	0.3	0.6	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	100
>25～40	0.4	0.8	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120
>40～63	0.5	1	2	3	5	8	12	20	30	50	80	150
>63～100	0.6	1.2	2.5	4	6	10	15	25	40	60	100	200
>100～160	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120	250
>160～250	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150	300
>250～400	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200	400
>400～630	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250	500

注：主参数 L 系轴、直线、平面的长度。

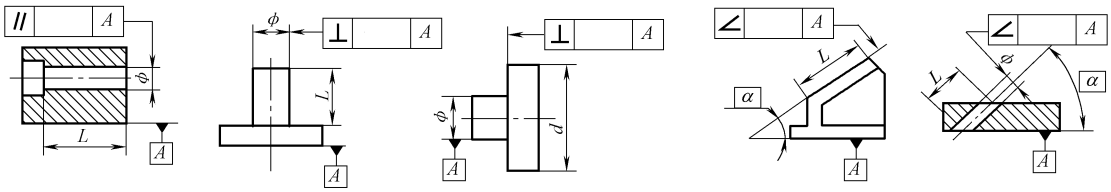
表 5-5　圆度、圆柱度公差值（摘自 GB/T 1184—1996）　　（μm）



主参数 $d(D)$/mm	公差等级												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
≤3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25
>3～6	0.1	0.2	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30
>6～10	0.12	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36
>10～18	0.15	0.25	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43
>18～30	0.2	0.3	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52
>30～50	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62
>50～80	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74
>80～120	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87
>120～180	0.6	1	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100
>180～250	0.8	1.2	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115
>250～315	1.0	1.6	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130
>315～400	1.2	2	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140
>400～500	1.5	2.5	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155

注：主参数 d（D）系轴（孔）的直径。

表 5-6　平行度、垂直度、倾斜度公差值（摘自 GB/T 1184—1996）　　（μm）

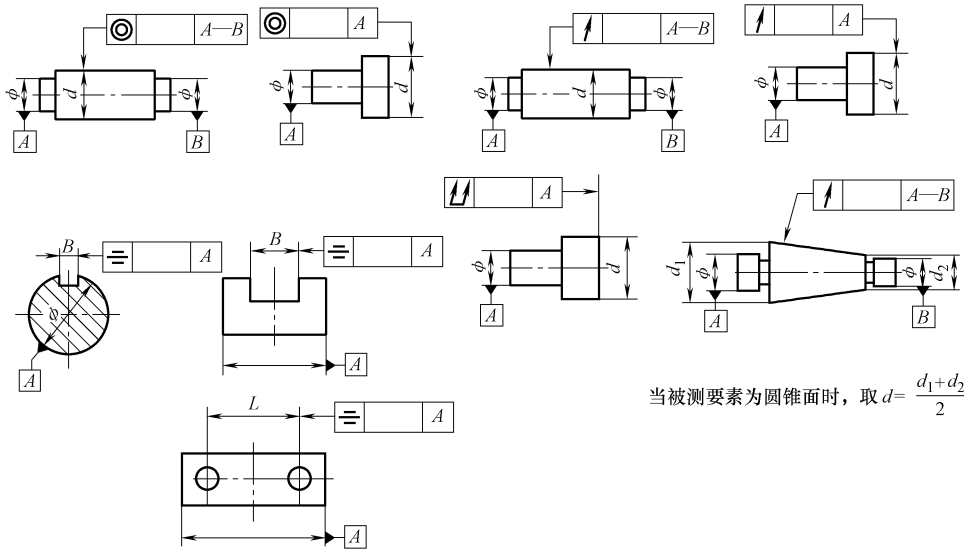


（续）

主参数 L、$d(D)$/mm	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
≤10	0.4	0.8	1.5	3	5	8	12	20	30	50	80	120
>10～16	0.5	1	2	4	6	10	15	25	40	60	100	150
>16～25	0.6	1.2	2.5	5	8	12	20	30	50	80	120	200
>25～40	0.8	1.5	3	6	10	15	25	40	60	100	150	250
>40～63	1	2	4	8	12	20	30	50	80	120	200	300
>63～100	1.2	2.5	5	10	15	25	40	60	100	150	250	400
>100～160	1.5	3	6	12	20	30	50	80	120	200	300	500
>160～250	2	4	8	15	25	40	60	100	150	250	400	600
>250～400	2.5	5	10	20	30	50	80	120	200	300	500	800
>400～630	3	6	12	25	40	60	100	150	250	400	600	1000

注：1. 主参数 L 为给定平行度时轴线或平面的长度，或给定垂直度、倾斜度时被测要素的长度。
2. 主参数 d（D）为给定面对线垂直度时，被测要素的轴（孔）直径。

表 5-7　同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差值（摘自 GB/T 1184—1996）　　（μm）



主参数 $d(D)$、B、L/mm	公差等级											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
≤1	0.4	0.6	1.0	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	60
>1～3	0.4	0.6	1.0	1.5	2.5	4	6	10	20	40	60	120
>3～6	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	25	50	80	150
>6～10	0.6	1	1.5	2.5	4	6	10	15	30	60	100	200
>10～18	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	40	80	120	250
>18～30	1	1.5	2.5	4	6	10	15	25	50	100	150	300
>30～50	1.2	2	3	5	8	12	20	30	60	120	200	400
>50～120	1.5	2.5	4	6	10	15	25	40	80	150	250	500
>120～250	2	3	5	8	12	20	30	50	100	200	300	600
>250～500	2.5	4	6	10	15	25	40	60	120	250	400	800

注：1. 主参数 d（D）为给定同轴度时轴直径，或给定圆跳动、全跳动时轴（孔）直径。
2. 圆锥体斜向圆跳动公差的主参数为平均直径。
3. 主参数 B 为给定对称度时槽的宽度。
4. 主参数 L 为给定两孔对称度时的孔心距。

5.2.2　几何公差值的选用原则

几何公差的国家标准中，对几何公差值分为注出公差和未注出公差两类。

对于几何公差要求不高，用一般的机械加工方法和加工设备都能保证加工精度，或由线性尺寸公差或角度公差所控制的几何公差已能保证零件的要求时，不必将几何公差在图样上注出，而用未注公差来控制，这样做既可以简化制图，又注出公差的要求。

对于零件几何公差与要求较高，或者功能要求允许大于未注公差值，而这个较大的公差值会给工厂带来经济效益时，这个较大的公差值应采用注出公差值。

1. 几何公差值选用的主要因素

几何公差值的选用，主要根据零件的功能要求、结构特征、工艺上的可能性等因素综合考虑，并考虑加工的经济性，按照表中数系确定要素的公差值。此外还应考虑下列情况：

1）在同一要素上给出的形状公差值应小于方向公差值、位置公差值。一般应满足 $t_{形状} < t_{方向} < t_{位置}$。如要求平行的两个表面，其平面度公差值应小于平行度公差值；

2）圆柱形零件的形状公差值（轴线的直线度除外）一般情况下应小于其尺寸公差值；

3）平行度公差值应小于其相应的距离公差值。

2. 几何公差值选用的其他因素

对于下列情况，考虑到加工的难易程度和除主参数外其他参数的影响，在满足零件功能的要求下，适当降低 1 ~ 2 级选用。

1）孔相对于轴；

2）长径比较大的轴或孔；

3）距离较大的轴或孔；

4）宽度较大（一般大于 1/2 长度）的零件表面；

5）线对线和线对面相对于面对面的平行度；

6）线对线和线对面相对于面对面的垂直度。

3. 螺栓或螺钉连接

对于用螺栓或螺钉连接两个或两个以上零件孔组的各孔位置度公差，可根据螺栓或螺钉与通孔间的最小间隙 X_{min} 确定。

用螺栓连接时，各个被连接零件上孔均为通孔，位置度公差值 t 按下式计算：

$$t = X_{min}$$

用螺钉连接时，被连接零件中有一个零件上的孔为螺孔，而其余零件上的孔都为通孔，则通孔的位置度公差值 t 按下式计算：

$$t = 0.5X_{min}$$

位置度公差计算值应加以圆整，并按表 5-8 进行规范。

表 5-9 及表 5-10 可供选用公差等级时参考。

表 5-8　位置度公差值数系表（摘自 GB/T 1184—1996）　　（μm）

1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8
1×10^n	1.2×10^n	1.5×10^n	2×10^n	2.5×10^n	3×10^n	4×10^n	5×10^n	6×10^n	8×10^n

注：n 为正整数。

表 5-9　几种主要加工方法所能达到的直线度、平面度公差等级

加工方法		公差等级											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
车	粗												
	细												
	精												
铣	粗												
	细												
	精												
刨	粗												
	细												
	精												
磨	粗												
	细												
	精												
研磨	粗												
	细												
	精												
刮研	粗												
	细												
	精												

表 5-10　几种主要加工方法所能达到的同轴度公差等级

加工方法		公差等级										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
车、镗	加工孔											
	加工轴											
铰												
磨	孔											
	轴											
珩磨												
研磨												

5.3　几何公差的选择与应用

5.3.1　几何公差特征项目的选用

几何公差特性项目的选择原则是：根据要素的几何特征、结构特点及零件的使用要求，并考虑检测的方便和经济效益。

形状公差项目主要是按照要素的几何形状特征确定，几何特征自然是选择单一要素公差项目的基本依据。

位置公差项目是按照要素的几何方位关系确定的。所有关联要素的公差项目应以与基准间的几何方位关系为基本依据。

确定公差特征必须与检测条件相结合，考虑检测的可能性和经济性。

在满足功能要求的前提下，项目应尽量减少，以获得更高的经济效益。

5.3.2　公差原则和公差要求的选用

公差原则和公差要求主要有独立原则、包容要求、最大实体要求、最小实体要求和可逆要求。

在对于零件上的某一要素确定公差要求和公差原则时，既要考虑尺寸公差要求，还要考虑几何公差要求。

当对零件有特殊要求时，采用独立原则。独立原则是处理几何公差和尺寸公差关系的基本原则，应用较为广泛。

对于重要的配合，为了严格保证零件的配合性质需要采用包容要求。

对于仅需要保证零件的可装配性，为便于零件的加工可采用最大实体要求。

对于需要保证零件最小壁厚和零件强度等场合，可采用最小实体要求。

可逆要求与最大（最小）实体要求联用，能够充分利用公差带，提高经济效益。

5.3.3　基准要素的选用

基准是确定关联要素间方向和位置的依据，在选择公差项目时，需要正确选用基准。选择基准时，一般应从以下几个方面考虑：

1）根据零件各要素的功能要求，一般以主要配合表面，如轴颈、轴承孔、安装定位面，重要的支承面等作为基准，如轴类零件，常以两个轴承为支承，因此，从功能要求来看，应选用这两处轴颈的公共轴线（组合基准）为基准。

2）根据装配关系应选用零件上相互配合、相互接触的定位要素作为各自的基准。如盘、套类零件，一般是以其内孔轴线径向定位装配或以其端面轴向定位，因此根据需要可选用其轴线或端面作为基准；

3）根据加工定位的需要和零件结构，应选用较宽大的平面、较长的轴线作为基准，以使定位稳固。对于结构复杂的零件，一般应选用三个基准面，根据对零件使用要求影响的程度，确定基准顺序；

4）根据检测的方便，应选择在检测中装夹定位的要素为基准，并尽可能将装配基准和检测基准统一起来。

5.3.4　几何公差原则选用示例

带有最大实体要求、最小实体要求和可逆要求的几何公差标注示例。

示例1：如图5-10所示，两外圆柱要素具有尺寸要求和对其轴线具有位置度要求的MMR示例。

零件的预期功能是两销柱要与一个具有两个相距25mm的公称尺寸为ϕ10mm的孔的板类零件装配，且要与平面A相垂直。

解释如下：

① 两销柱的提取要素不得违反其最大实体实效状态（MMVC），其直径为MMVS＝10.3mm；

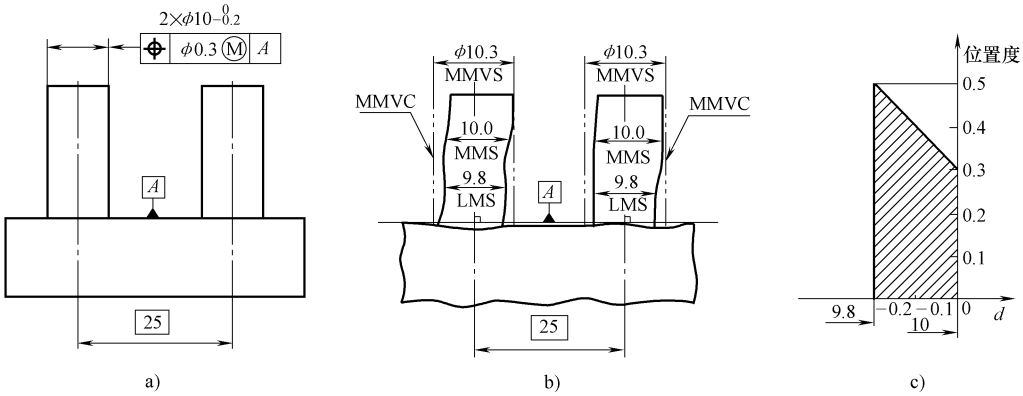


图 5-10　示例 1 示意图

a）图样标注　b）解释　c）动态公差图

② 两销柱的提取要素各处的局部直径均应大于 LMS = 9.8mm 且均应小于 MMS = 10.0mm；

③ 两个 MMVC 的位置处于其轴线彼此相距为理论正确尺寸 25mm，且与基准 *A* 保持理论正确垂直。

示例 2：如图 5-11 所示，两外圆柱要素具有尺寸要求和对其轴线具有位置度要求的 MMR 和附加 RPR 示例。

零件的预期功能也是两销柱要与一个具有两个公称尺寸为 ϕ10mm 的孔相距 25mm 的板类零件装配，且要与平面 *A* 相垂直。

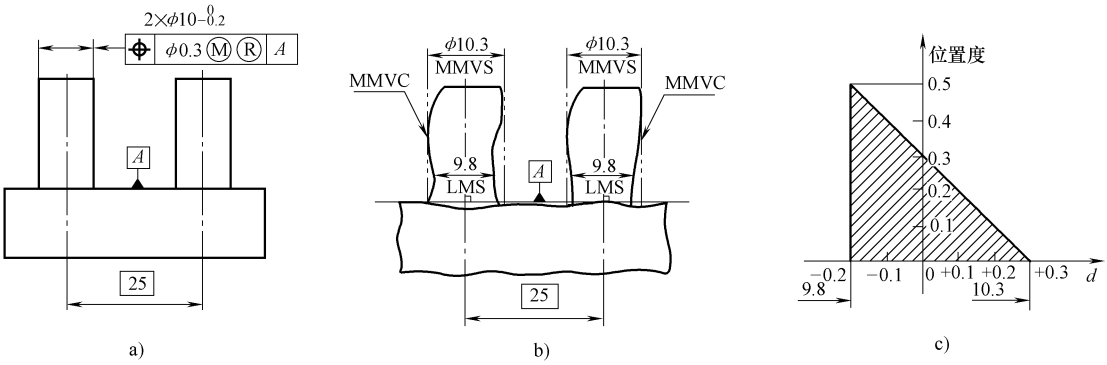


图 5-11　示例 2 示意图

a）图样标注　b）解释　c）动态公差图

解释如下：

① 两销柱的提取要素不得违反其最大实体实效状态（MMVC），其直径为 MMVS = 10.3mm；

② 两销柱的提取要素各处的局部直径均应大于 LMS = 9.8mm；RPR 允许其局部直径从 MMS（ = 10.0mm）增加到 MMVS（ = 10.3mm）；

③ 两个 MMVC 的位置处于其轴线彼此相距为理论正确尺寸 25mm，且与基准 *A* 保持理论正确垂直。

示例 3：一个外尺寸要素具有尺寸要求和对其轴线具有位置（同轴度）要求的 MMR 和作为基准的外尺寸要素具有尺寸要求和对其轴线具有形状（直线度）要求的同时也用 MMR 的示例。

本例所示零件的预期功能是与示例 4 所示的零件相装配，如图 5-12 所示。

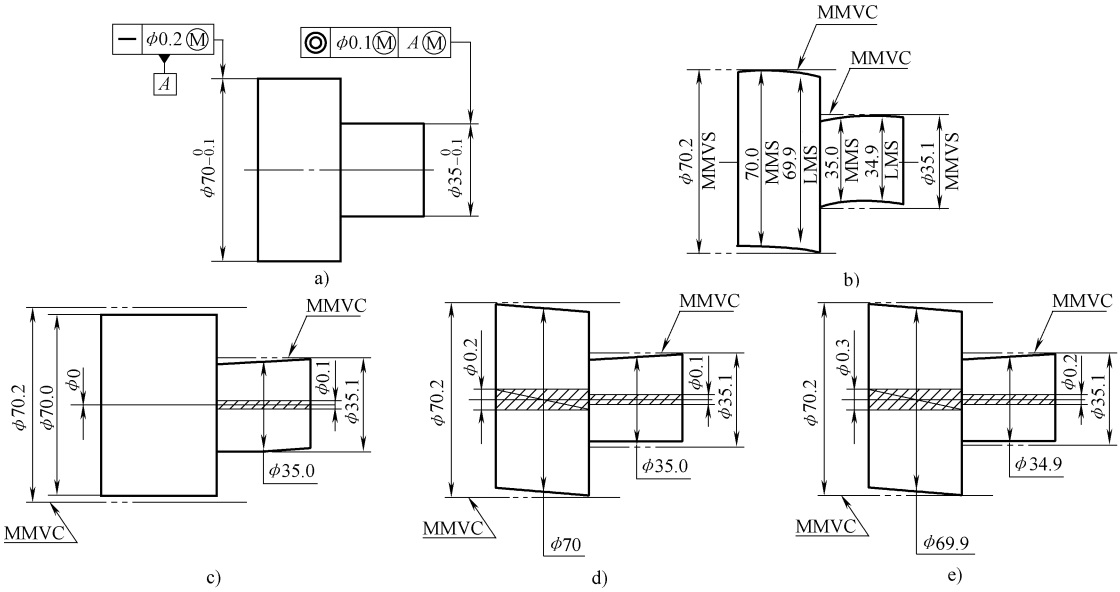


图 5-12　示例 3 示意图

解释如下：

① 外尺寸要素的提取要素不得违反其最大实体实效状态（MMVC），其直径为 MMVS = 35.1mm；

② 外尺寸要素的提取要素各处的局部直径应大于 LMS = 34.9mm，且应小于 MMS = 35.0mm；

③ MMVC 的位置与基准要素的 MMVC 同轴；

④ 基准要素的提取要素不得违反其最大实体实效状态（MMVC），其直径为 MMVS = 70mm + 0.2mm = 70.2mm；

⑤ 基准要素的提取要素各处的局部直径应大于 LMS = 69.9mm，且均应小于 MMS = 70.0mm。

示例 4：一个内尺寸要素具有尺寸要求和对其轴线具有位置（同轴度）要求的 MMR 和作为基准的外尺寸要素具有尺寸要求和对其轴线具有形状（直线度）求得同时也用 MMR 的示例。

本例所示零件的预期功能是与示例 3 所示的零件相装配，如图 5-13 所示。

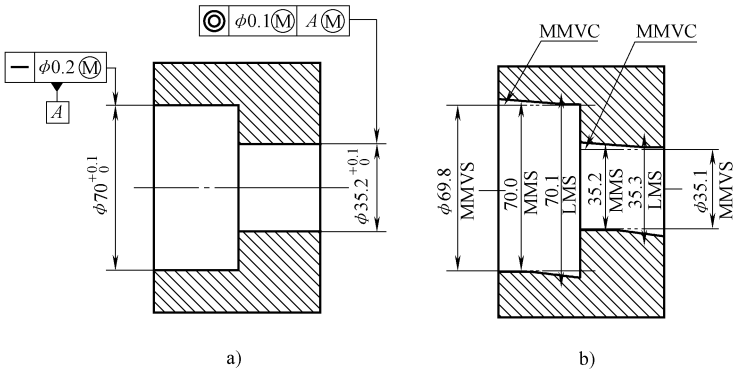


图 5-13　示例 4 示意图

a）图样标注　b）解释

解释如下：

① 内尺寸要素的提取要素不得违反其最大实体实效状态（MMVC），其直径为 MMVS = 35.1mm；

② 内尺寸要素的提取要素各处的局部直径应大于 MMS = 35.2mm，且应小于 LMS = 35.3mm；

③ MMVC 的位置与基准要素的 MMVC 同轴；

④ 基准要素的提取要素不得违反其最大实体实效状态（MMVC），其直径为 MMVS = 70mm − 0.2mm = 69.8mm；

⑤基准要素的提取要素各处的局部直径应小于 LMS = 70.1mm，且均应大于 MMS = 70.0mm。

示例 5 ：如图 5-14 所示，一个外尺寸要素与一个作为基准的同心内尺寸要素具有位置度要求的 LMR 和附加 RPR 示例。

本图样仅说明最小实体要求的一些原则。本图样标注不全，不能控制最小壁厚。在其他要素上缺少最小实体要求，因此不能表示这一功能。本图例可以用位置度、同轴度或同心度标注，其意义均相同。

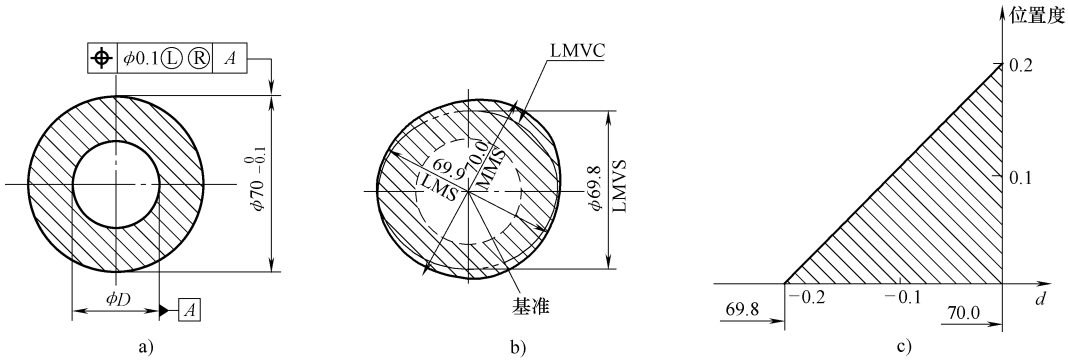


图 5-14　示例 5 示意图

a）图样标注　b）解释　c）动态公差图

解释如下：

① 外尺寸要素的提取要素不得违反其最小实体实效状态（LMVC），其直径为 LMVS = 69.8mm；

② 外尺寸要素的提取要素各处的局部直径应小于 MMS = 70.0mm，RPR 允许其局部直径从 LMS（ = 69.9mm）减小至 LMVS（ = 69.8mm）；

③ LMVC 的方向与基准 *A* 相平行，并且其位置在与基准 *A* 同轴的理论正确位置上。

示例 6：如图 5-15 所示，一个内尺寸要素与一个作为基准的同心外尺寸要素具有位置度要求的 LMR 和附加 RPR 示例。

本图样仅说明最小实体要求的一些原则。本图样标注不全，不能控制最小壁厚。在其他要素上缺少最小实体要求，因此不能表示这一功能。本图例可以用位置度、同轴度或同心度标注，其意义均相同。

解释如下：

① 内尺寸要素的提取要素不得违反其最小实体实效状态（LMVC），其直径为 LMVS = 35.2mm；

② 内尺寸要素的提取要素各处的局部直径应大于 MMS = 35.0mm，RPR 允许其局部直

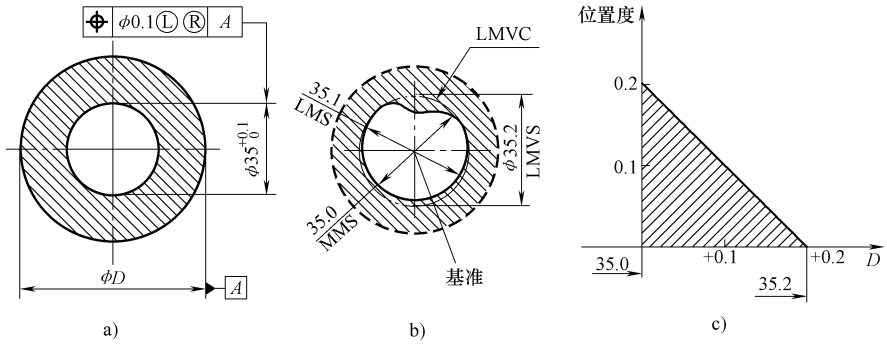


图 5-15　示例 6 示意图

a）图样标注　b）解释　c）动态公差图

径从 LMS（ =35. 1mm）增大至 LMVS（ =35. 2mm）；

③ LMVC 的方向与基准 *A* 相平行，并且其位置在与基准 *A* 同轴的理论正确位置上。

5. 3. 5　几何公差综合应用实例

1. 圆柱齿轮几何公差标注示例

圆柱齿轮几何公差标注示例如图 5-16 所示（本图仅说明几何公差标注，不是完整的零件图，不含左视图等）。

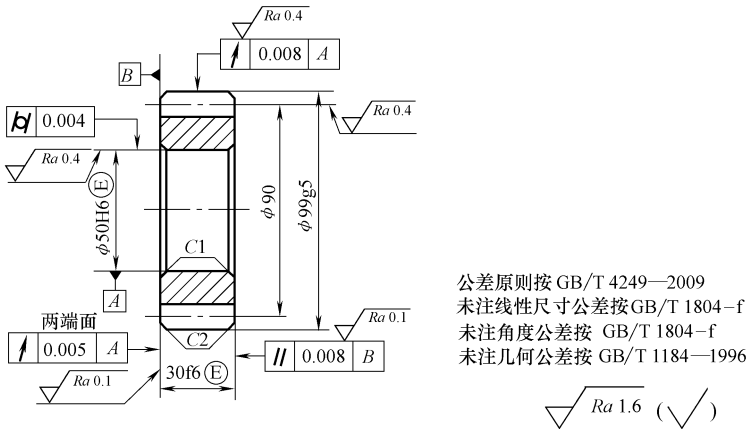


图 5-16　圆柱齿轮几何公差标注示例

图例说明

① 为保证与相配轴的配合要求，孔 φ50H6 采用包容要求，标注包容要求符号Ⓔ，但此孔圆柱度要求较高，用最大实体边界控制尚不能满足它的要求，特别注出圆柱度 0. 004；

② 以 φ50H6Ⓔ孔的轴线为基准，两端面对基准 *A* 的端面圆跳动公差为 0. 005mm；

③圆齿轮两个端面形状相同不易分辨，采用任选基准，其平行度公差为 0. 008mm；

④ 齿顶圆柱面对基准 *A* 的径向圆跳动公差为 0. 008mm。

2. 结构形状复杂的轴几何公差标注示例

结构形状复杂的轴的几何公差标注示例如图 5-17 所示。

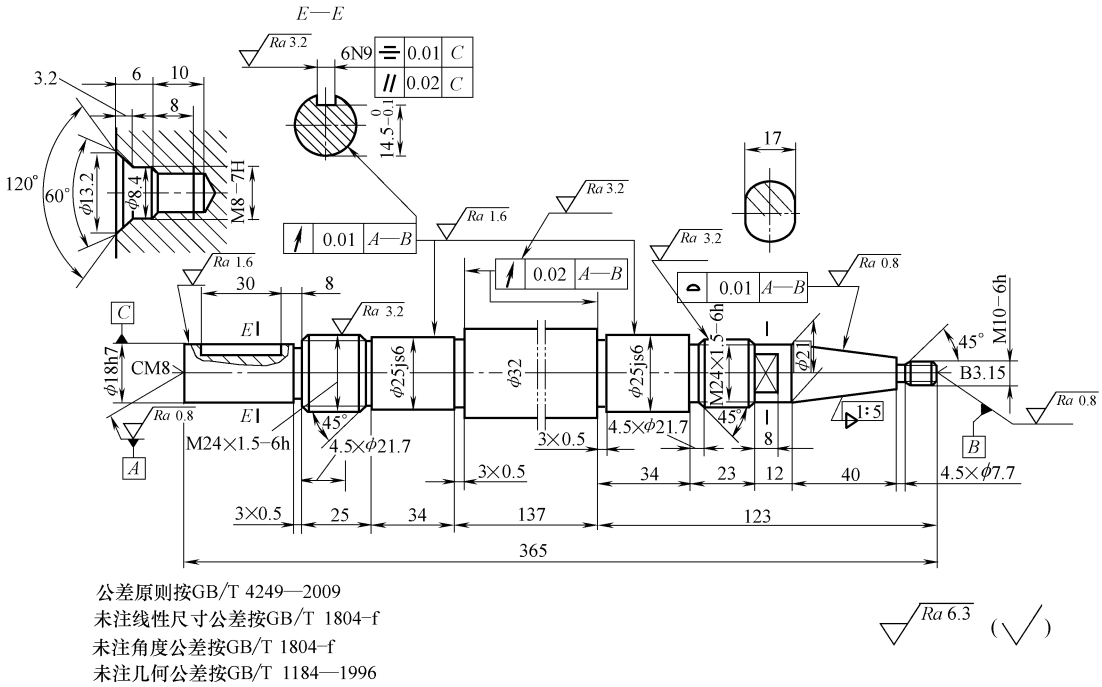


图 5-17　结构形状复杂的轴的几何公差标注示例

图例说明

① 在轴颈 ϕ18h7 及 ϕ25js6 上需装齿轮和轴承，为保护齿轮的传动精度，应控制两轴颈相对于该传动轴轴线的几何误差，该轴的轴线应采用公共轴线，以两端顶尖孔的连线 *A*—*B* 为基准轴线，两轴颈分别对基准 *A*—*B* 给出径向圆跳动以控制其圆表面的形状误差和相对于基准轴线的同轴度误差；

② 锥度为 1:5 的圆锥表面是一个配合表面，需控制其圆锥表面的形状和位置误差，按 GB/T 15754 的规定给出有位置要求的面轮廓度公差，即相对于基准轴线 *A*—*B* 的面轮廓度公差 0.01mm；

③ ϕ32 轴两端面用于轴承的轴向定位，给出其对基准轴线 *A*—*B* 的轴向圆跳动公差 0.02mm；

④ 6N9 键槽应与其相应轴有正确的位置要求。给出其对称平面对基准轴线 *C* 的对称度公差 0.01mm，并进一步给出平行度公差 0.02mm，以限制键侧面与槽侧面的歪斜，用以保证两者之间的良好接触。

3. 轴几何公差标注示例

一般转轴的几何公差标注示例见图 5-18（本图仅说明几何公差标注，不是完整的零件工作图，例如没含中心孔标注等）。

图例说明

① 两轴颈 ϕ55j6 与 P0 级滚动轴承的内圈相配合，为保证配合性质，采用了包容要求

② 为保证轴承的旋转精度，在采用包容要求的前提下，又进一步提出圆柱度公差的要求，其公差值由 GB/T 275—1993 查得为 0.005mm

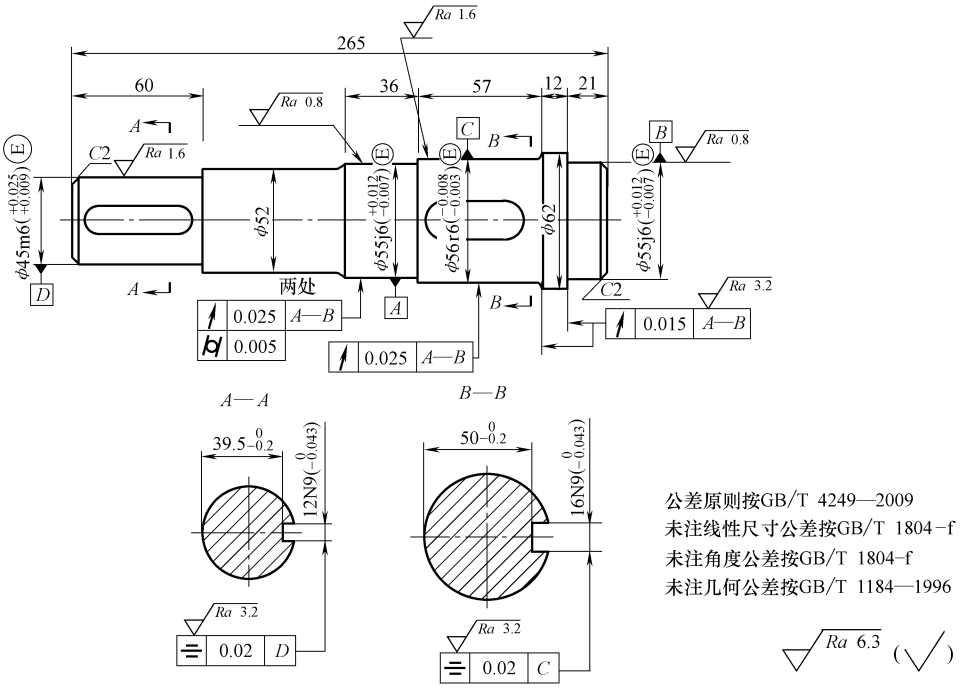


图5-18　一般转轴的几何公差标注示例

③ 该两轴颈上安装滚动轴承后，将分别与减速器箱体的两孔配合，因此需限制两轴颈的同轴度误差，以保证轴承外圈和箱体孔的安装精度，为检测方便，实际给出了两轴颈的径向圆跳动公差0.025mm（跳动公差7级）

④ ϕ62mm处的两轴肩都是止推面，起一定的定位作用，为保证定位精度，提出了两轴肩相对于基准轴线的轴向圆跳动公差0.015mm（由GB/T 275—1993查表得）

⑤ ϕ56r6和ϕ45m6分别与齿轮和带轮配合，为保证配合性质，也采用了包容要求，为保证齿轮的运动精度，对与齿轮配合的ϕ56r6圆柱又进一步提出了对基准轴线的径向圆跳动公差0.025mm（跳动公差7级）

⑥ 对ϕ56r6和ϕ45m6轴颈上的键槽16N9和12N9都提出了对称度公差0.02mm（对称度公差8级），以保证键槽的安装精度和安装后的受力状态

5.4　几何公差在图样上的标注方法

几何公差在技术图样中一般采用符号标注。标注时应首先绘制公差框格，注明相应的公差数值，同时还要使用国家标准中规定的有关符号，见表5-1和表5-2。

1. 公差框格（图5-19）

用公差框格标注几何公差时，公差要求注写在划分成两格或多格的矩形框格内。各格自左至右顺序标注以下内容：

几何特性符号；

公差值，以线性尺寸单位表示的量值，如果公差带为圆形或圆柱形，公差值前应加注符号“ϕ”；如果公差带为圆球形，公差值前应加注符号“$S\phi$”；

基准，用一个字母表示单个基准或用几个字母表示基准体系或公共基准。

当某项公差应用于几个相同要素时，应在公差框格的上方被测要素的尺寸之前注明要素的个数，并在两者之间加上符号“×”。

如果需要限制被测要素在公差带内的形状，应在公差框格的下方注明。

如果需要就某个要素给出几种几何特征的公差，可将一个公差框格放在另一个的下面。

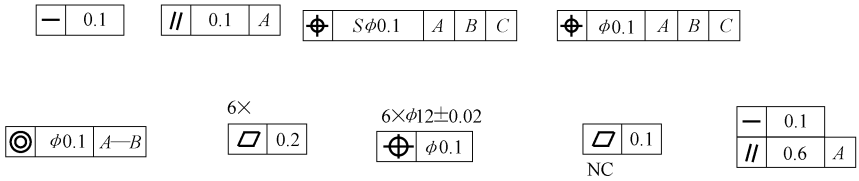


图 5-19　公差框格

2. 指引线

指引线将被测要素与公差框格相联系起来，指引线是由细实线和箭头构成，它始终保持与公差框格相垂直（图 5-20），从一端引出并指向被测要素，必要时允许弯折，但不得多于两次，指引线的箭头应指向公差带的宽度方向或径向。

3. 基准要素的标注方法

基准符号由一个标注在基准方框内的大写字母用细实线与一涂黑的或空白的三角形相连而组成（图 5-21）。表示基准的字母也要标注在相应的被测要素的公差框格内。在图样中无论基准要素的方向如何，基准方格中的字母都应水平书写。

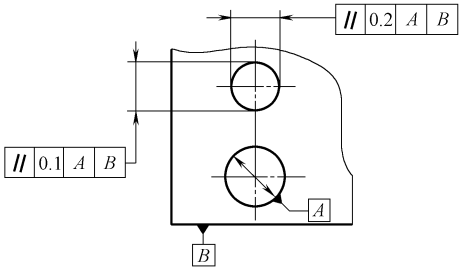


图 5-20　公差标注示意图

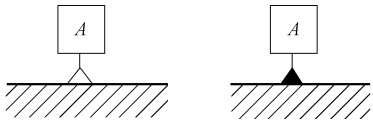


图 5-21　基准示例

基准要素为线、表面等组成要素时，基准三角形放置在要素的轮廓线或其延长线上，要与尺寸明显错开，基准三角形也可放置在该轮廓面引出线的水平线上，如图 5-22 所示。

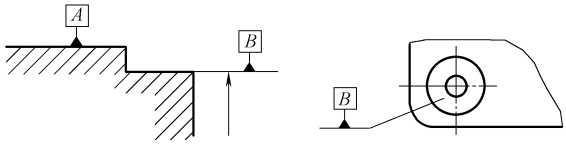


图 5-22　基准要素为组成要素

基准要素为确定的轴线、中心平

面或中心点等导出要素时，基准三角形应放置在该尺寸线的延长线上，如果没有足够的位置标注基准要素尺寸的两个箭头，则其中一个箭头可用基准三角形代替，如图 5-23 所示。

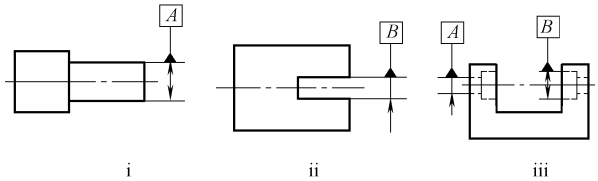


图 5-23　基准要素为导出要素

基准要素为局部要素时（图 5-24），应用粗点画线表示出该部分并加注尺寸。

基准要素为两个要素公共基准表示时（图 5-25），基准在公差框格第三格起的某格内，用中间为连字符的两个大写字母表示，基准三角形应注在相应要素上。

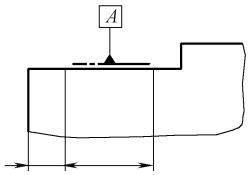


图 5-24　基准要素为局部要素

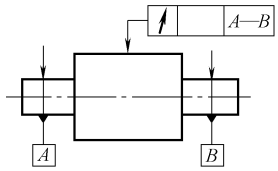


图 5-25　基准要素为公共要素

4. 基准种类（图 5-26）

根据需要，关联要素的方向或位置由基准或基准体系来确定。

基准分为单一基准、公共基准（组合基准）和三基面体系。单一基准是由单个要素建立的基准，用一个大写字母表示；公共基准是由两个要素建立的一个组合基准，用中间加连字符的两个大写字母表示；三基面体系是由两个或三个基准建立的基准体系，表示基准的大写字母按基准的先后顺序自左至右填写在公共框格内。

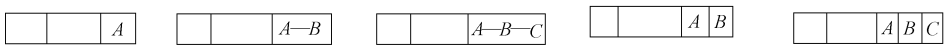


图 5-26　基准种类

5. 被测要素的标注方法（图 5-27）

当公差涉及轮廓线或轮廓面等组成要素时，箭头指出该要素的轮廓线或其延长线（应于尺寸线明显错开），箭头也可指出引出线的水平线，引出线引自被测面。

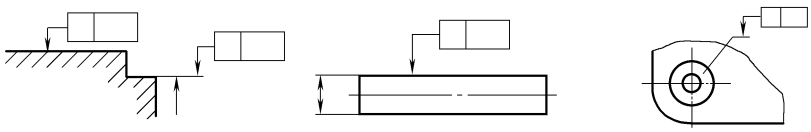


图 5-27　被测要素为组成要素

当公差涉及要素的中心线、中心面或中心点等导出要素时，箭头应位于相应尺寸线的延长线，如图 5-28 所示。

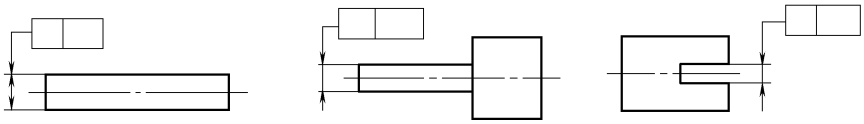


图 5-28　被测要素为导出要素

当被测要素为某一指定局部，应用粗点画线画出局部范围，并加注该范围尺寸，如图 5-29 所示。

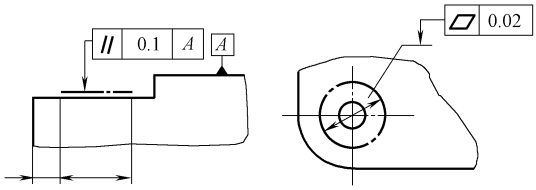


图 5-29　被测要素为局部要素

6. 附加规定的标注方式

（1）全周符号标注（图 5-30）

如果轮廓度特性适用于横截面的整周轮廓或由轮廓所示的整周表面时，应采用全周符号表示。

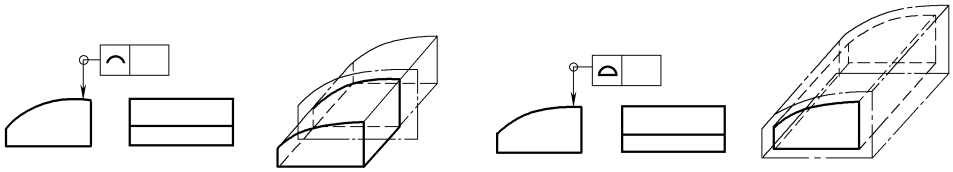


图 5-30　全周符号标注

（2）螺纹、齿轮和花键轴线的标注

如果以螺纹轴线为被测要素或基准要素时，默认为螺纹中径圆柱的轴线，否则应另有说明，如用“MD”表示大径，用“LD”表示小径，如图 5-31 所示。

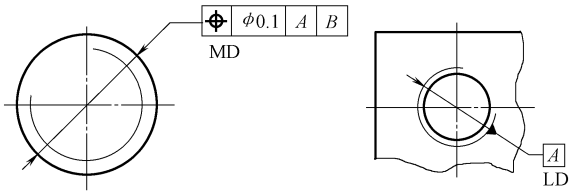


图 5-31　螺纹轴线标注

以齿轮、花键轴线为被测要素或基准要素时，需说明所指的要素，如用“PD”表示中径或节圆，用“MD”表示大径，用“LD”表示小径。

（3）理论正确尺寸的标注

当给出一个或一组要素的位置、方向或轮廓度公差时，分别用来确定其理论正确位置、方向或轮廓的尺寸称为理论正确尺寸（TED）。理论正确尺寸没有公差，并标注在一个方框中，如图 5-32 所示。

（4）延伸公差带的标注（图 5-33）

延伸公差带的含义是将被测要素的公差带延伸到工件实体之外，控制工件外部的公差，以保证相配零件与该零件配合时能顺利装入。延伸公差带用符号Ⓟ表示，并注出其延伸的范围。

（5）限定性规定的标注（图 5-34）

如果需要对整个被测要素上任意限定范围标注同样几何特性的公差时，可在公差值的后面加注限定范围的线性尺寸值，并在两者间用斜线隔开。如果标注的是两项或两项以上同样几何特征的公差，可直接在整个要素公差框格的下方放置另一个公差框格。

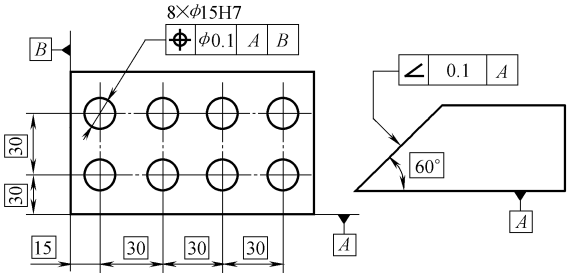


图 5-32　理论正确尺寸的标注

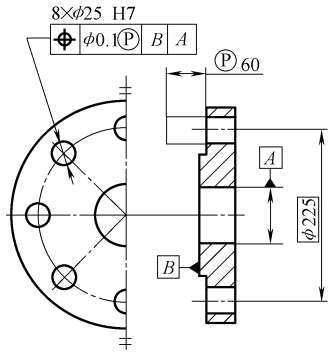


图 5-33　延伸公差带的标注

如果给出的公差仅适用于要素的某一指定局部，应采用粗点画线表示出该局部的范围，并加注尺寸。

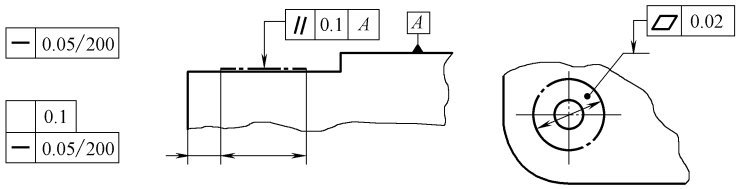


图 5-34　限定性规定的标注

（6）自由状态的标注（图 5-35）

对于非刚性零件自由状态下的公差要求，应采用规范的附加符号Ⓕ表示，此符号加注在相应公差值的后面。

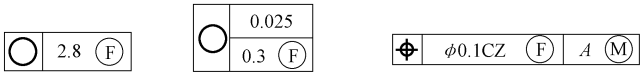


图 5-35　自由状态的标注

（7）简化标注（图 5-36）

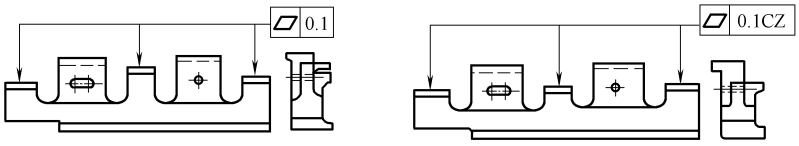


图 5-36　简化标注

用一个公差框格可以表示具有相同几何特性和公差值的若干个分离要素。

用一个公共公差带可以表示若干个分离要素给出的单一公差带，标注时，应在公差框格内公差值后面加注公共公差带符号 CZ。

（8）最大实体要求、最小实体要求和可逆要求的标注

最大实体要求用规范的附加符号Ⓜ表示（图 5-37）。该附加符号可根据需要单独或同时标注在相应公差值和（或）基准字母的后面。

最小实体要求用规范的附加符号Ⓛ表示（图 5-38）。该附加符号可根据需要单独或同时标注在相应公差值和（或）基准字母的后面。

可逆要求用规范的附加符号Ⓡ表示（图 5-39）。当可逆要求用于最大实体要求时，应在被测要素公差框格中的公差值后面标注双重符号ⓂⓇ；当可逆要求用于最小实体要求时，应在被测要素公差框格中的公差值后面标注双重符号ⓁⓇ。

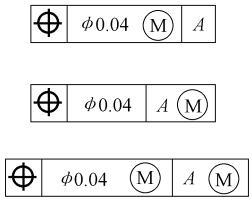


图 5-37　最大实体要求的标注

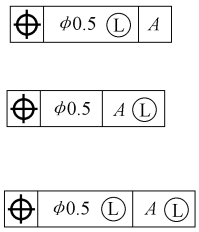


图 5-38　最小实体要求的标注

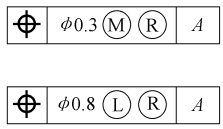


图 5-39　可逆要求的标注

5.5　未注几何公差

5.5.1　未注几何公差的公差值

1. 未注几何公差值的规定

图样上没有具体注明几何公差值的要素，根据国家标准规定，其几何精度由未注几何公差来控制，按以下规定执行：

1）GB/T1184—1996 对未注直线度、平面度、垂直度、对称度和圆跳动各规定了 H、K、L 三个公差等级，公差值见表 5-11 ~ 表 5-14。

2）圆度的未注公差值等于标准的直径公差值，但不能大于表 5-14 圆跳动公差值。

3）圆柱度的未注公差值不作规定，但圆柱度误差由圆度、直线度和相应线平行度误差组成，而其中每一项误差均由它们的注出公差或未注公差控制。

4）平行度的未注公差值等于尺寸公差值或直线度和平面度未注公差值中的较大者。

5）同轴度的未注公差值未作规定。在极限状况下，未注同轴度的公差值可以和表 5-14 中的圆跳动的未注公差值相等。

6）线轮廓度、面轮廓度、倾斜度、位置度和全跳动的未注公差值均应由各要素的注出公差或未注线性尺寸公差或角度公差控制。

2. 未注公差值的图样表示法

若采用 GB/T 1184—1996 规定的未注公差值，应在标题栏附近或在技术要求、技术文件中注出标准号及公差等级代号：“GB/T1184—×”。

直线度和平面度的未注公差值见表 5-11。选择公差值时，对于直线度，应按照其相应线的长度选择；对于平面度，应按矩形表面的长边或圆表面的直径选择。

表 5-11　直线度、平面度未注公差值（摘自 GB/T 1184—1996 ）　（mm）

公差等级	基本长度范围					
	≤10	>10～30	>30～100	>100～300	>300～1000	>1000～3000
H	0.02	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
K	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
L	0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6

表 5-12　垂直度未注公差值（摘自 GB/T 1184—1996）　（mm）

公差等级	基本长度范围			
	≤100	>100～300	>300～1000	>1000～3000
H	0.2	0.3	0.4	0.5
K	0.4	0.6	0.8	1
L	0.6	1	1.5	2

表 5-13　对称度未注公差值（摘自 GB/T 1184—1996）　（mm）

公差等级	基本长度范围			
	～100	>100～300	>300～1000	>1000～3000
H	0.5			
K	0.6		0.8	1
L	0.6	1	1.5	2

表 5-14　圆跳动未注公差值（摘自 GB/T 1184—1996）　（mm）

公差等级	圆跳动公差值
H	0.1
K	0.2
L	0.5

5.5.2　未注公差值的应用

采用未注公差值的优点：

1）图样易读，可高效地进行信息交换；

2）节省设计时间，不用详细地计算公差值，只需要了解某要素的功能是否允许大于或等于未注公差值；

3）图样很清楚地指出哪些要素可以用一般加工方法加工，既保证工程质量又不用一一检测；

4）对于大多数零件来说，注出几何公差值的要素是由于功能要求采用相应小的公差值，必然给生产带来特殊的效益，有利于安排生产、质量控制和检验；

5）由于“公差的常用精度”在合同生效前就已经知道，图样完整无疑，购买者和提供方可更方便地进行谈判，避免在供销之间造成争论。

几何公差的未注公差值适用于遵守独立原则的零件要素，也适用于某些遵守包容要求的零件要素，在要素处处都是最大实体尺寸时也适用。

第 6 章　表面粗糙度

6.1　主要术语、定义、符号和代号

6.1.1　表面粗糙度术语及定义

1. 表面粗糙度

经机械加工后的零件表面，由于刀具或砂轮切削后遗留的刀痕、切削过程中切屑分离时产生的塑性变形以及机床的振动等原因，会使被加工零件的表面存在一定的几何形状误差，其中造成零件表面的凹凸不平，形成微观几何形状误差的较小间距（通常波距小于 1 mm）的峰谷，称为表面粗糙度，它是一种微观几何形状误差，也叫作微观不平度。

表面粗糙度与表面波纹度、表面形状误差的区别，通常按相邻两波峰或两波谷之间的距离，即按波距的大小来划分，一般而言波距小于 1mm，大体呈周期性变化的属于表面粗糙度（即微观几何形状误差）的范围；波距在 1 ~ 10mm 之间并呈周期性变化的属于表面波纹度（即中间几何形状误差）的范围；波距在 10mm 以上而无明显周期变化的属于表面形状误差（即宏观几何形状误差）的范围，如图 6-1 所示。

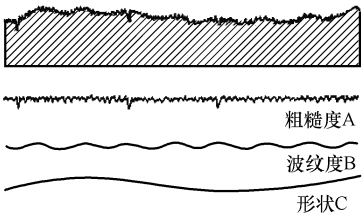


图 6-1　表面几何形状误差

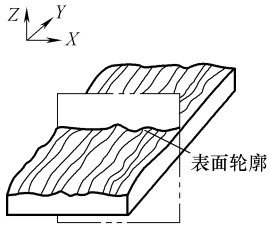


图 6-2　表面轮廓

2. 表面轮廓

一个指定平面与实际表面相交所得到的轮廓，如图 6-2 所示。

3. 原始轮廓

原始轮廓是指应用短波滤波器之后的总轮廓。

4. 粗糙度轮廓

粗糙度轮廓是指对原始轮廓采用滤波器抑制长波成分后所形成的轮廓。

5. 取样长度（*lr*）

取样长度是用于判别被评定轮廓的不规则特征的 *X* 轴方向上的长度，是测量或评定表面粗糙度时所规定的一段基准线长度，它至少包含 5 个以上峰和谷，如图 6-3 所示。取样长度（*lr*）的方向与轮廓走向一致。

6. 评定长度（*ln*）

评定长度是用于判别被评定轮廓的 *X* 轴方向上的长度。由于零件表面粗糙度不均匀，

在一个取样长度上往往不能合理地反映整个表面粗糙度特征，因此在测量和评定时需要规定一段最小长度作为评定长度。评定长度包含几个取样长度，如图 6-3 所示。

一般情况下取 $ln = 5lr$，如果被测表面均匀性较好，可选 $ln < 5lr$；被测表面均匀性较差时，可选 $ln > 5lr$。

7. 中线

中线就是指具有几何轮廓形状并划分轮廓的基准线。粗糙度轮廓中线是指经过滤波器抑制长波后轮廓成分相对应的中线。

中线有以下两种：

轮廓最小二乘中线：就是在取样长度范围内，实际被测轮廓线上的各点到该线的距离的平方和为最小。

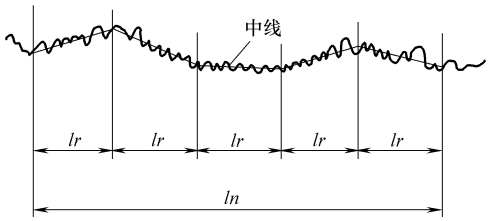


图 6-3　取样长度和评定长度

轮廓算术平均中线：就是在取样长度范围内，将实际被测轮廓划分上下两部分，并且使上下两部分面积相等的直线。

8. 最大轮廓峰高

在一个取样长度内，最大的轮廓峰高 Z_p（图 6-4）。

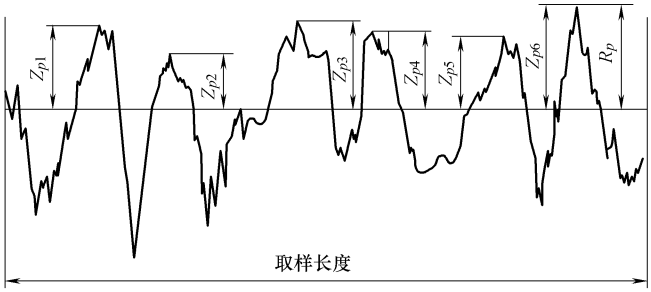


图 6-4　最大轮廓峰高

9. 最大轮廓谷深

在一个取样长度内，最大的轮廓谷深 Z_v（图 6-5）。

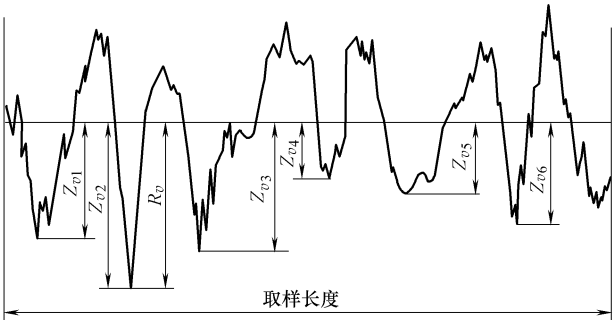


图 6-5　最大轮廓谷深

10. 最大轮廓高度

在一个取样长度内，最大轮廓峰高与最大轮廓谷深之和（图 6-6）。

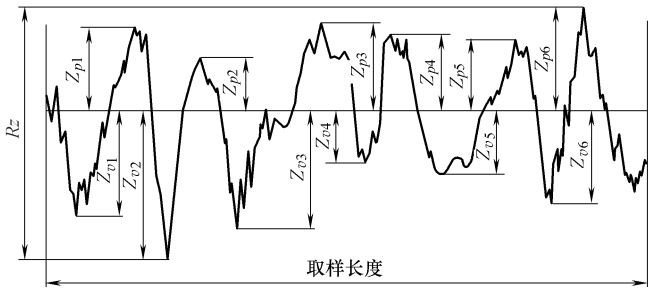


图 6-6　最大轮廓高度

11. 轮廓单元的平均高度

在一个取样长度内，轮廓单元高度 Z_t 的平均值（图 6-7）。

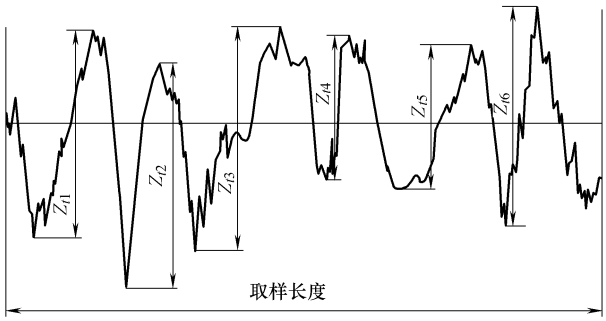


图 6-7　轮廓单元的高度

12. 轮廓总高度

在评定长度内，最大轮廓峰高与最大轮廓谷深之和。

13. 轮廓的算术平均偏差 *Ra*

在一个取样长度内纵坐标 Z（x）绝对值的算术平均值。

$$Ra = \frac{1}{lr}\int_0^{lr} |Z(x)| \mathrm{d}x$$

14. 轮廓的均方根偏差

在一个取样长度内纵坐标 Z（x）的均方根。

$$Pq、Wq、Rq = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^{l} Z^2(x)\mathrm{d}x}$$

15. 评定轮廓的偏斜度

在一个取样长度内纵坐标 Z（x）三次方的平均值与 Pq、Rq 或 Wq 三次方的比值。

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3}\left[\frac{1}{lr}\int_0^{lr} Z^3(x)\mathrm{d}x\right]$$

16. 评定轮廓的陡度

在取样长度内纵坐标 Z（x）四次方的平均值与 Pq、Rq 或 Wq 四次方的比值。

$$Rku = \frac{1}{Rq^4}\left[\frac{1}{lr}\int_0^{lr} Z^4(x)\mathrm{d}x\right]$$

17. 轮廓单元的平均宽度

在一个取样长度内粗糙度轮廓单元宽度 Xs 的平均值（图 6-8）。

$$R_{sm} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} X_{si}$$

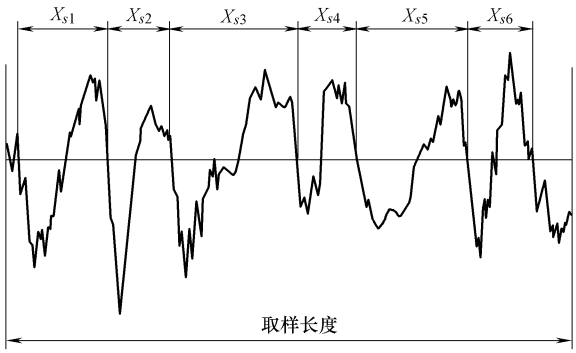


图 6-8　轮廓单元的宽度

18. 轮廓的均方根斜度

在取样长度内纵坐标斜率 dZ/dX 的均方根值。

19. 轮廓支承长度率 *Rmr*（*c*）

在给定水平截面高度上轮廓的实体材料长度 Ml（c）与评定长度 ln 的比率。

$$Rmr(c) = \frac{Ml(c)}{ln}$$

20. 轮廓支承长度率曲线

表示轮廓支承长度率随水平截面高度变化关系的曲线（图 6-9）。

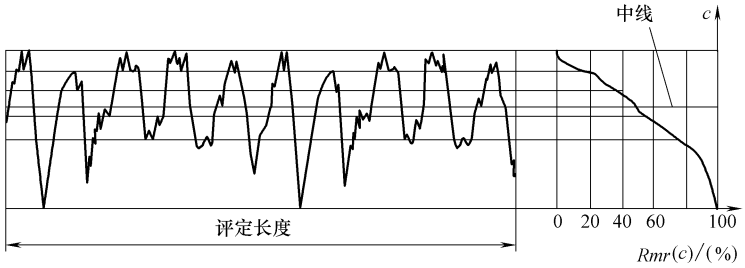


图 6-9　轮廓支承长度率曲线

21. 轮廓水平截面高度差

给定支承比率的两个水平截面之间的垂直距离。

22. 相对支承长度率

在一个轮廓水平截面确定的，与起始位置相关的支承长度率。

23. 轮廓幅度分布曲线

在评定长度内纵坐标 Z（x）采样的概率密度函数（图 6-10）。

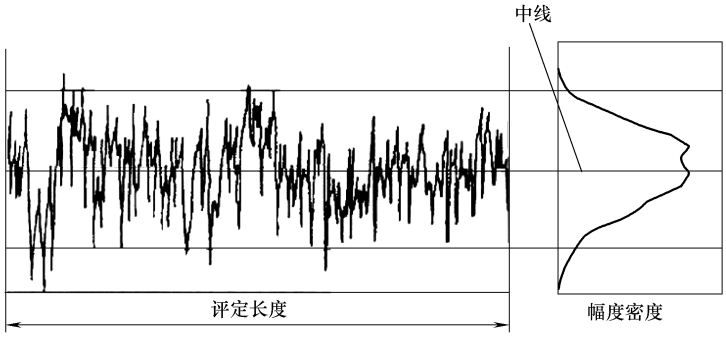


图 6-10　轮廓幅度分布曲线

6.1.2　表面粗糙度常用符号与代号

在技术图样中零部件加工后的表面要求用一些规定的符号来表示。表面粗糙度的标注应符合 GB/T 131—2006 的规定。

1. 表面粗糙度的符号

GB/T 131—2006 中将表面粗糙度符号分为基本图形符号、扩展图形符号、完整图形符号和工件轮廓表面图形符号，见表 6-1。

表 6-1　表面粗糙度的符号（摘自 GB/T 131—2006）

名称	符号	名称	符号
基本图形符号		完整图形符号	
扩展图形符号		工件轮廓表面图形符号	

（1）基本图形符号

对表面结构有要求的图形符号，表示表面可用任何方法获得，简称为基本图形符号。

（2）扩展图形符号

对表面结构有指定要求（去除材料或不去除材料）的图形符号，简称为扩展图形符号。

（3）完整图形符号

对基本图形符号或扩展图形符号扩充后的图形符号，简称完整符号，用于对表面结构有补充要求的标注。

（4）工件轮廓各表面的图形符号

当在图样某个视图上构成封闭轮廓的各表面有相同的表面结构要求时，应在完整图形符号上加一圆圈，标注在图样中工件的封闭轮廓线上。

2. 表面粗糙度的代号

为了明确表面结构要求，除标注表面结构参数和数值外，必要时需标注补充要求，补充要求包括传输带、取样长度、加工工艺、表面纹理及方向、加工余量等。具体标注位置见图 6-11。

位置 a：表面结构参数代号、极限值、传输带或取样长度。

位置 a 和 b：两个或多个结构要求。

位置 c：加工方法、涂层、表面处理或其他工艺要求。

位置 d：表面纹理和方向。

位置 e：加工余量。

3. 表面粗糙度的标注示例

表面粗糙度符号中的各项标注见图 6-12 和表 6-2。

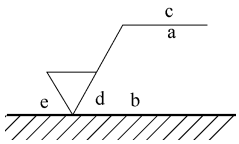


图 6-11　补充要求注写位置

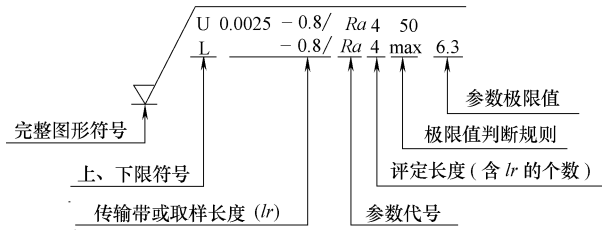


图 6-12　补充要求注写位置

表 6-2　表面粗糙度代号及意义

序号	代号	意　　义
1	Rz 0.4	表示不允许去除材料,单向上限值,默认传输带,*R* 轮廓,粗糙度的最大高度 0.4μm,评定长度为 5 个取样长度(默认),“16% 规则”(默认)
2	Rz max 0.2	表示去除材料、单向上限值,默认传输带,*R* 轮廓,粗糙度最大高度的最大值 0.2μm,评定长度为 5 个取样长度(默认),“最大规则”
3	U Ra max 3.2 L Ra 0.8	表示不允许去除材料,双向极限值,两极限值均使用默认传输带,*R* 轮廓,上限值:算术平均偏差 3.2μm,评定长度为 5 个取样长度(默认),“最大规则”,下限值:算术平均偏差 0.8μm,评定长度为 5 个取样长度(默认),“16% 规则”(默认)
4	L Ra 1.6	表示任意加工方法,单向下限值,默认传输带,算术平均偏差 1.6μm,评定长度为 5 个取样长度(默认),“16% 规则”(默认)
5	0.008-0.8/Ra 3.2	表示去除材料,单向上限值,传输带 0.008 ~ 0.8mm,*R* 轮廓,算术平均偏差 3.2μm,评定长度为 5 个取样长度(默认),“16% 规则”(默认)
6	-0.8/Ra 3 3.2	表示去除材料,单向上限值,传输带,根据 GB/T 6062,取样长度 0.8μm(*λs* 默认 0.0025mm),*R* 轮廓,算术平均偏差 3.2μm,评定长度包含 3 个取样长度,“16% 规则”(默认)
7	铣 Ra 0.8 ⊥ -2.5/Rz 3.2	表示去除材料,两个单向上限值:①默认传输带和评定长度,算术平均偏差 0.8μm,“16% 规则”(默认);②传输带为 -2.5mm,默认评定长度,轮廓的最大高度 3.2μm,“16% 规则”(默认)。表面纹理垂直于视图所在的投影面。加工方法为铣削
8	3 0.008-4/Ra 50 0.008-4/Ra 6.3	表示去除材料,双向极限值:上限值 $Ra = 50\mu m$,下限值 $Ra = 6.3\mu m$,上、下极限传输带均为 0.008 ~ 4mm;默认的评定长度均为 $l_n = 4 \times 5 = 20mm$;“16% 规则”(默认)。加工余量为 3mm
9	Y　Z	简化符号:符号及所加字母的含义由图样中的标注说明

6.2　表面粗糙度参数及其数值

6.2.1　评定表面粗糙度的参数及其数值系列

1. 评定表面粗糙度的参数

表面粗糙度参数主要从轮廓的算术平均偏差 *Ra* 和轮廓的最大高度 *Rz* 中选取。根据表面功能的需要，还可选用轮廓单元的平均宽度 *Rsm* 和轮廓的支承长度率 *Rmr*（*c*）作为附加参数。

2. 评定表面粗糙度的参数数值系列

轮廓的算术平均偏差 *Ra* 的数值系列见表 6-3。

表 6-3　轮廓的算术平均偏差 *Ra* 的参考值（摘自 GB/T 1031—2009）　　（μm）

0.012	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8
1.6	3.2	6.3	12.5	25	50	100

轮廓的最大高度 *Rz* 的数值系列见表 6-4。

表 6-4　轮廓的最大高度 *Rz* 的参考值（摘自 GB/T 1031—2009）　　（μm）

0. 025	0. 05	0. 1	0. 2	0. 4	0. 8	1. 6	3. 2	6. 3
12. 5	25	50	100	200	400	800	1600	

轮廓单元的平均宽度 *Rsm* 的数值系列见表 6-5。

表 6-5　轮廓单元的平均宽度的参考值（摘自 GB/T 1031—2009）　　（mm）

0. 006	0. 0125	0. 025	0. 05	0. 1	0. 2
0. 4	0. 8	1. 6	3. 2	6. 3	12. 5

轮廓的支承长度率 *Rmr*（*c*）的数值系列见表 6-6。

表 6-6　轮廓的支承长度率的参考值 *Rmr*（*c*）（摘自 GB/T 1031—2009）　　（%）

10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90

选用轮廓的支承长度率参数时，应同时给出轮廓截面高度 *c* 值。它可用微米或 *Rz* 的百分数表示。*Rz* 的百分数系列如下：5%、10%、15%、20%、25%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%。

轮廓的算术平均偏差 *Ra* 的补充系列值见表 6-7。

表 6-7　*Ra* 的补充系列值（摘自 GB/T 1031—2009）　　（μm）

0. 008	0. 010	0. 016	0. 020	0. 032	0. 040	0. 063
0. 080	0. 125	0. 160	0. 25	0. 32	0. 50	0. 63
1. 00	1. 25	2. 0	2. 5	4. 0	5. 0	8. 0
10. 0	16. 0	20	32	40	63	80

轮廓的最大高度 *Rz* 的补充系列值见表 6-8。

表 6-8　*Rz* 的补充系列值（摘自 GB/T 1031—2009）　　（μm）

0. 032	0. 040	0. 063	0. 080	0. 125	0. 160	0. 25	0. 32
0. 50	0. 63	1. 00	1. 25	2. 0	2. 5	4. 0	5. 0
8. 0	10. 0	16. 0	20	32	40	63	80
125	160	250	320	500	630	1000	1250

轮廓单元的平均宽度 *Rsm* 的补充系列值见表 6-9。

表 6-9　*Rsm* 的补充系列值（摘自 GB/T 1031—2009）　　（μm）

0. 002	0. 003	0. 004	0. 005	0. 008	0. 010	0. 016
0. 020	0. 032	0. 040	0. 063	0. 080	0. 125	0. 160
0. 25	0. 32	0. 50	0. 63	1. 00	1. 25	2. 0
2. 5	4. 0	5. 0	8. 0	10. 0		

6. 2. 2　取样长度的数值和选用

取样长度（*lr*）的数值见表 6-10。

表 6-10　取样长度（*lr*）的数值（摘自 GB/T 1031—2009）　　（mm）

lr	0. 08	0. 25	0. 8	2. 5	8	25

一般情况下，在测量时，推荐按表 6-11 选用对应的取样长度和评定长度值，此时在图样上可省略标注取样长度值。当有特殊要求不能选用表中数值时，应在图样上标注出取样长度。

表 6-11　取样长度（lr）和评定长度（ln）的数值（摘自 GB/T 1031—2009）

Ra/μm	Rz/μm	lr/mm	ln/mm（$ln=5lr$）
≥0.008～0.02	≥0.025～0.10	0.08	0.4
		0.25	1.25
>0.02～0.10	>0.10～0.50	0.8	4.0
>0.1～2.0	>0.50～10.0	2.5	12.5
>2.0～10.0	>10.0～50.0	8.0	40.0
>10.0～80.0	>50.0～320		

6.3　表面粗糙度的选择

6.3.1　表面粗糙度对零件功能的影响

1. 对零件耐磨性的影响

由于零件表面存在着微观几何形状误差，当两个表面作相对运动时，只能在轮廓的峰顶处发生接触，从而减少了接触面积，比压增大，使零件表面磨损速度增快。一般来说表面越粗糙，摩擦阻力越大，耐磨性越低。但是如果表面太光滑，不利于贮存润滑油，则两个接触面会形成干摩擦或半干摩擦，以及分子间的吸附作用等，反而使摩擦因数增大，会加剧表面磨损。

2. 对接触刚度的影响

表面越粗糙，表面间的实际接触面积就越小，则单位面积上的压力就越大，使得峰顶处的局部塑性变形加剧，接触刚度下降，从而影响零件的工作精度和抗振性。

3. 对配合性质的影响

表面粗糙度会影响配合性质的稳定性。对于间隙配合，会因微观不平度的峰顶在相对运动过程中很快磨掉而使间隙增大；对于过盈配合，则因装配时表面的峰顶被挤平，使实际过盈减小，降低连接强度；对于过渡配合，表面粗糙度也有使配合变松的影响。

4. 对抗疲劳强度的影响

零件表面越粗糙，凹痕越深，波谷的曲率半径也越小，对应力集中越敏感，特别是当零件承受交变载荷作用的时候，由于应力集中的影响，使疲劳强度降低，导致零件表面产生裂纹而损坏。

5. 对抗腐蚀性的影响

表面越粗糙，腐蚀性气体或液体越易在谷底处聚集，并渗入到金属内部，造成零件表面锈蚀。

此外表面粗糙度还影响结合面的密封性，影响零件的美观性等，所以表面粗糙度是衡量产品质量的一个重要指标。

6.3.2　规定表面粗糙度要求的一般规则

1）在规定表面粗糙度要求时，应给出表面粗糙度参数值和测定时的取样长度两项基本要求。必要时也可规定表面加工纹理、加工方法或加工顺序和不同区域的表面粗糙度等附加条件；

2）表面粗糙度的标注方法应符合 GB/T131 的规定；默认评定长度值应符合 GB/T

10610 的规定；

3）为保证制品表面质量，可按功能需要规定表面粗糙度参数值。否则可不规定其参数值，也不需要检查；

4）表面粗糙度各参数的数值应在基准面的各截面上获得。对给定的表面，如截取方向与高度方向最大值的方向一致时，则可不规定测量截面的方向，否则应在图样上标出；

5）对表面粗糙度的要求不适用于表面缺陷；

6）根据表面功能和生产的经济合理性，当选用标准中系列值不能满足要求时，可选用补充系列值。

6.3.3 表面粗糙度参数及参数值的选择

1. 评定参数的选择

一般情况下在确定表面粗糙度时，可以首先在幅度参数（峰和谷）Ra、Rz 中任选其一来评定。在常用值范围（$Ra0.025 \sim Ra6.3\mu m$，$Rz0.1 \sim Rz25\mu m$）内优先选用 Ra；表面粗糙度要求特别高（$Ra < 0.025\mu m$）或特别低（$Ra > 6.3\mu m$）时选用 Rz。

当只有幅度参数不能满足零件功能要求时才选用附加参数作为附加项目，附加参数一般不能单独作为参数使用。轮廓单元的平均宽度 Rsm 主要使用于零件表面有涂漆的性能要求、零件为冲压（特别是冲深）时需要有抗裂纹的性能要求以及其他减少流体流动摩擦阻力等要求的情况。轮廓支承长度率 $Rmr(c)$ 是表面耐磨性能的一个重要指标，主要用于零部件对耐磨性有较高要求的情况。

2. 表面粗糙度参数值的选择

表面粗糙度参数值的选择是首先在满足零件功能要求的前提下，尽可能选用较大的表面粗糙度数值（$Rmr(c)$ 除外）以便于加工，减低生产成本，获得较好的经济效益。在具体设计时一般采用类比法，同时兼顾以下几点：

1）同一零件上，工作表面要比非工作表面粗糙度值小；

2）摩擦表面要比非摩擦表面、滚动摩擦表面比滑动摩擦表面的粗糙度值小些；

3）运动速度高、单位面积压力大、受交变载荷的零件表面以及圆角及沟槽的表面粗糙度值均应小些；

4）要求配合稳定可靠时，表面粗糙度值也应小些；

5）表面粗糙度值与零件相应的尺寸公差、几何公差协调；

6）要求防腐、密封性能好和要求外表美观的表面粗糙度值应较小；

7）凡有关标准已对表面粗糙度要求做出规定，则应按该标准确定表面粗糙度值。

6.3.4 表面粗糙度参数值的应用实例

零件套筒表面粗糙度参数值的标注见图 6-13。

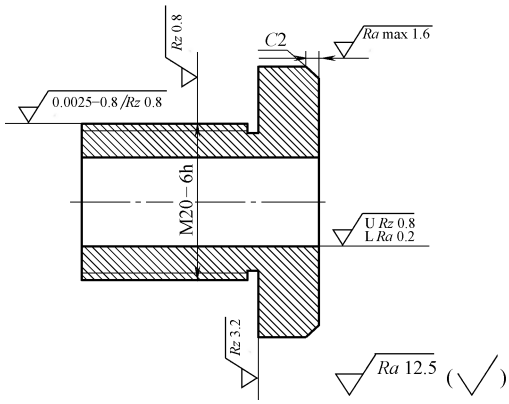


图 6-13 表面粗糙度参数值标注实例

6.4　表面粗糙度参数值及其对照

中美常用表面粗糙度（光洁度）对照见表 6-12。

表 6-12　中美常用表面粗糙度对照表

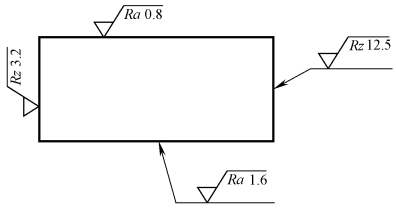
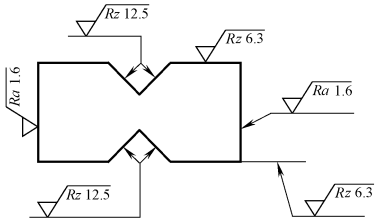
中国旧标准(光洁度)	中国新标准(表面粗糙度)*Ra*	美国标准(微米)*Ra*	美国标准(微英寸)*Ra*
▽4	6.3	8.00	320
		6.30	250
▽5	3.2	5.00	200
		4.00	160
		3.20	125
▽6	1.6	2.50	100
		2.00	80
		1.60	63
▽7	0.8	1.25	50
		1.00	40
		0.80	32
▽8	0.4	0.63	25
		0.50	20
		0.40	16

6.5　表面粗糙度在图样上的标注方法

表面粗糙度要求对零件的每一表面一般只标注一次，并尽可能标注在相应的尺寸及其公差的同一视图上。

表面粗糙度要求在图样上的标注方法见表 6-13。

表 6-13　表面粗糙度要求在图样上的标注方法示例

要求	图例	说明
表面粗糙度要求的注写方向		表面粗糙度的注写和读取方向与尺寸的注写和读取方向一致
表面粗糙度要求标注在轮廓线上或指引线上		表面粗糙度要求可标注在轮廓线上,其符号应从材料外指向并接触表面

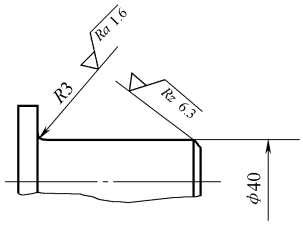
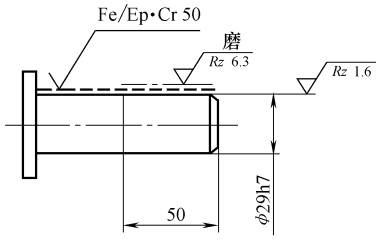
（续）

要求	图例	说明
表面粗糙度要求标注在轮廓线上或指引线上	铣 Rz 3.2　车 Rz 3.2	必要时，表面粗糙度符号也可用箭头或黑点的指引线引出标注
表面粗糙度要求在特征尺寸线上的标注	φ120H7 Rz 12.5　φ120h6 Rz 6.3	在考虑不引起误解的情况下，表面粗糙度要求可以标注在给定的尺寸线上
表面粗糙度要求在几何公差框格上的标注	Ra 1.6　0.1　Rz 6.3　φ10±0.1　φ0.2　A　B	表面粗糙度可标注在几何公差框格的上方
表面粗糙度要求在延长线上的标注	Ra 1.6　Rz 6.3　Rz 6.3　Rz 6.3　Ra 1.6	表面粗糙度可以直接标注在延长线上，或用带箭头的指引线引出标注 圆柱和棱柱表面的表面粗糙度要求只标一次
	Ra 3.2　Rz 1.6　Ra 6.3　Ra 3.2	如果棱柱的每个表面有不同的表面粗糙度要求时，则应分别单独标注

（续）

要求	图例	说明
大多数表面（包括全部）有相同表面粗糙度要求的简化标注	Rz 6.3 Rz 1.6 Ra 3.2　（√）	如果工件的多数表面有相同的表面粗糙度要求，则其要求可统一标注在标题栏附近。此时，表面粗糙度要求的符号后面要加上圆括号，并在圆括号内给出基本符号
	Ra 3.2	如果工件全部表面有相同的表面粗糙度要求，则其要求可统一标注在标题栏附近
多个表面有相同的表面粗糙度要求或图样空间有限时的简化标注	z　y z = U Rz 1.6 =L Ra 0.8 y = Ra 3.2 在图纸空间有限时的简化标注	可用带字母的完整符号，以等式的形式，在图形或标题栏附近，对有相同表面粗糙度要求的表面进行简化标注
	= Ra 3.2 a) 未指定工艺方法的多个表面结构要求的简化注法 = Ra 3.2 b) 要求去除材料的多个表面结构要求的简化注法 = Ra 3.2 c) 不允许去除材料的多个表面结构要求的简化注法	可用表面粗糙度基本符号 a) 和扩展图形符号 b)、c)，以等式的形式给出多个表面有相同的表面粗糙度要求
键槽表面的表面粗糙度要求的注法	C2　A　A A—A　Ra 3.2　Ra 6.3	键槽宽度两侧面的表面粗糙度要求标注在键槽宽度的尺寸线上：单向上限值 $Ra=3.2\mu m$ 键槽底面的表面粗糙度要求标注在带箭头的指引线上：单向上限值 $Ra=6.3\mu m$。（其他要求：极限值的判断原则、评定长度和传输带等均为默认）

（续）

要求	图例	说明
倒角、倒圆表面的表面粗糙度要求的注法		倒圆表面的表面粗糙度要求标注在带箭头的指引线上：单向上限 Ra = 1.6μm；倒角表面的表面粗糙度要求标注在其轮廓延长线上：单向上限值 Ra = 6.3μm
两种或多种工艺获得的同一表面的注法		由几种不同的工艺方法获得的同一表面，当需要明确每种工艺方法的表面粗糙度要求时，可按照左图进行标注

第 7 章　常用零件材料

7.1　黑色金属

7.1.1　铸铁

铸铁是一系列主要由铁、碳和硅组成的合金的总称。在这些合金中，碳的含量超过在共晶温度时能保留在奥氏体固溶体中的量。一般碳的质量分数大于 2%，硅的质量分数 1% ~ 3%。铸铁的铸态组织中具有共晶组织。它通常在铸造成形条件下加以使用。

铸铁中的碳可以以石墨、游离渗碳体和石墨 + 渗碳体的方式存在。据此，铸铁常分为灰口铸铁、白口铸铁和麻口铸铁三种，其断口相应呈灰色、银白色和灰白色相间。麻口铸铁在工业上没有实用价值。灰口铸铁中依据石墨存在的形态可分为灰铸铁、蠕墨铸铁、球墨铸铁和可锻铸铁。

7.1.1.1　灰铸铁（GB/T 9439—2010）

依据直径 ϕ30 单铸试块加工的标准拉伸试样所测得的最小抗拉强度值，将灰铸铁分为 HT100、HT150、HT200、HT225、HT250、HT275、HT300 和 HT350 等八个牌号，常见灰铸铁牌号、力学性能和应用见表 7-1，表 7-2 给出了 ϕ30mm 单铸试块和附铸试块的力学性能。

表 7-1　灰铸铁的牌号、力学性能应用（GB/T 9439—2010）

牌号	铸件壁厚/mm		最小抗拉强度 R_m（强制性值）(min)		铸件本体预期抗拉强度 R_m(min)/MPa	应用举例
	>	≤	单铸试棒/MPa	附铸试棒或试块/MPa		
HT100	5	40	100	—	—	机床中受轻载荷、轻磨损的无关紧要的铸件，如托盘、盖、罩、手轮、把手、重锤等形状简单且性能要求不高的零件；冶金矿山设备中的高炉平衡锤、炼钢炉重锤、钢锭模
HT150	5	10	150	—	155	承受中等弯曲应力、摩擦面间压强不高于 0.49MPa 的铸件，如多数机床的底座，有相对运动和磨损的零件，如工作台等，汽车中的变速器、排气管、进气管等；拖拉机中的液压泵进出油管、鼓风机底座，内燃机车水泵壳，止回阀体，电动机轴承盖，汽轮机操纵座外壳，缓冲器外壳等
	10	20		—	130	
	20	40		120	110	
	40	80		110	95	
	80	150		100	80	
	150	300		*90*	—	
HT200	5	10	200	—	205	承受较大弯曲应力，要求保持气密性的铸件，如机床立柱、刀架、齿轮箱体、多数机床床身、滑板、箱体、液压缸、泵体、阀体、制动毂、飞轮、气缸盖、分离器本体、鼓风机座、带轮、叶轮、压缩机机身、轴承架、内燃机车风缸体、阀套、活塞、导水套筒、前缸盖等
	10	20		—	180	
	20	40		*170*	*155*	
	40	80		150	130	
	80	150		140	115	
	90	300		*130*	—	

（续）

牌号	铸件壁厚/mm		最小抗拉强度 R_m（强制性值）(min)		铸件本体预期抗拉强度 R_m(min)/MPa	应用举例
	>	≤	单铸试棒/MPa	附铸试棒或试块/MPa		
HT225	5	10	225	—	230	炼钢用轨道板、气缸套、齿轮、机床立柱、齿轮箱体、机床床身、磨床转体、液压缸、泵体、阀体
	10	20		—	200	
	20	40		190	170	
	40	80		170	150	
	80	150		155	135	
	150	300		*145*	—	
HT250	5	10	250	—	250	承受高弯曲应力、拉应力、要求保持高度气密性的铸件，如重型机床床身、多轴机床主轴箱、卡盘齿轮、高压液压缸、泵体、阀体、水泵出水段、进水段、吸入盖、双螺旋分级机机座、锥齿轮、大型卷筒、轧钢机座、焦化炉导板、汽轮机隔板、泵壳、收缩管、轴承支架、主配阀壳体、环形缸座等
	10	20		—	225	
	20	40		210	195	
	40	80		190	*170*	
	80	150		170	155	
	150	300		*160*	—	
HT350	10	20	350	—	315	轧钢滑板，辊子，炼焦柱塞，圆筒混合机齿圈，支承轮座，当轮座等
	20	40		290	280	
	40	80		260	250	
	80	150		230	225	
	150	300		*210*	—	

注：1. 当铸件壁厚超过300mm时，其力学性能由供需双方商定。

2. 当某牌号的铁液浇注壁厚均匀、形状简单的铸件时，壁厚变化引起抗拉强度的变化，可从本表查出参考数据，当铸件壁厚不均匀，或有型芯时，此表只能给出不同壁厚处大致的抗拉强度值，铸件的设计应根据关键部位的实测值进行。

3. 表中斜体字数值表示指导值，其余抗拉强度值均为强制性值，铸件本体预期抗拉强度值不作为强制性值。

表 7-2　ϕ30mm 单铸试块和 ϕ30mm 附铸试块的力学性能（GB/T 9439—2010）

力学性能	材料牌号①						
	HT150	HT200	HT225	HT250	HT275	HT300	HT350
	基体组织						
	铁素体+珠光体	珠光体					
抗拉强度 R_m/MPa	150～250	200～300	225～325	250～350	275～375	300～400	350～450
屈服强度 $R_{p0.1}$/MPa	98～165	130～195	150～210	165～228	180～245	195～260	228～285
断后伸长率 A(%)	0.3～0.8	0.3～0.8	0.3～0.8	0.3～0.8	0.3～0.8	0.3～0.8	0.3～0.8
抗压强度 R_{mc}/MPa	600	720	780	840	900	960	1080
抗压屈服强度 $\sigma_{d0.1}$/MPa	195	260	290	325	360	390	455
抗弯强度 σ_{bb}/MPa	250	290	315	340	365	390	490
抗剪强度 τ_b/MPa	170	230	260	290	320	345	400
抗扭强度② τ_m/MPa	170	230	260	290	320	345	400
弹性模量③ E/(GPa)	78～103	88～113	95～115	103～118	105～128	108～137	123～143

（续）

力学性能	材料牌号①						
	HT150	HT200	HT225	HT250	HT275	HT300	HT350
	基体组织						
	铁素体 + 珠光体	珠光体					
泊松比 ν	0. 26	0. 26	0. 26	0. 26	0. 26	0. 26	0. 26
弯曲疲劳强度④ σ_{bw}/MPa	70	90	105	120	130	140	145
反压应力疲劳极限⑤ σ_{xdw}/MPa	40	50	55	60	68	75	85
断裂韧度 K_{IC}/MPa$^{3/4}$	320	400	440	480	520	560	650

① 当对材料的机加工性能和抗磁性能有特殊要求时，可以选用 HT100。如果试图通过热处理的方式改变材料金相组织而获得所要求的性能时，不宜选用 HT100。
② 抗扭疲劳强度 τ_m（MPa）$\approx 0.42R_m$。
③ 取决于石墨的数量及形态，以及加载量。
④ $\sigma_{bw} \approx$（0. 35 ~ 0. 50）R_m。
⑤ $\sigma_{xdw} \approx 0.53\sigma_{bw} \approx 0.26R_m$。

7. 1. 1. 2　可锻铸铁（GB/T 9440—2010）

1. 可锻铸铁分类

按化学成分、热处理工艺而导致的性能和金相组织的不同可分为两类：黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁；白心可锻铸铁。

（1）黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁

黑心可锻铸铁的金相组织主要是铁素体基体 + 团絮状石墨。珠光体可锻铸铁的金相组织主要是珠光体基体 + 团絮状石墨。

（2）白心可锻铸铁

白心可锻铸铁的金相组织取决于断面尺寸，如下所示：

薄断面：铁素体（ + 珠光体 + 退火石墨）

厚断面：表面区域——铁素体

中间区域——珠光体 + 铁素体 + 退火石墨

心部区域——珠光体（ + 铁素体） + 退火石墨

2. 可锻铸铁性能及应用

可锻铸铁的牌号、力学性能及应用见表 7-3。

7. 1. 1. 3　球墨铸铁（GB/T 1348—2009）

1. 球墨铸铁的牌号和类型性能

铸件材料牌号是通过测定下列试样的力学性能确定的：

（1）单铸试样　从单铸试块上截取加工而成的试样。

（2）附铸试样　从附铸在铸件或浇注系统上的试块截取加工而成的试样。

（3）本体试样　从铸件本体上截取加工而成的试样。

铸件材料牌号等级是依照从单铸试样、附铸试样或本体试样测出的力学性能定义的。

球墨铸铁的牌号方法按 GB/T 5612 的规定，并分为单铸和附铸试块两类。

1）按单铸试块的力学性能分为 14 个牌号，见表 7-4。

表 7-3　可锻铸铁的牌号、力学性能及应用（GB/T 9440—2010）

牌号			试样直径 d/mm	力学性能			HBW	特性和用途
				R_m	$R_{p0.2}$	A(%)($L_0=3d$)		
	A	B		MPa				
				≥				
黑心	KTH300-06		12 或 15	300	—	6	≤150	有一定的韧性和强度，气密性好，适用于承受低动载荷及静载荷，要求气密性好的工作零件，如管道配件，中低压阀门等
		KTH330-08		330	—	8		有一定的韧性和强度，用于承受中等动负荷和静负荷的工作零件，如车轮壳、机床扳手和钢丝绳扎头等
	KTH350-10			350	200	10		有较高的韧性和强度，用于承受较高的冲击、振动及扭转负荷下工作的零件，如汽车上的前后轮壳、减速器壳、万向节壳、制动器、运输机零件等
		KTH370-12		370	—	12		
珠光体	KTZ450-06		12 或 15	450	270	6	150～200	韧性较低，但强度大，耐磨性好，且可加工性良好，可代替低碳钢、中碳钢、低合金钢及有色合金，用来制造要求较高强度和耐磨性的重要零件，如曲轴、连杆、齿轮、活塞杆、轴承等
	KTZ550-04			550	340	4	180～230	
	KTZ650-02			650	430	2	210～260	
	KTZ700-02			700	530	2	240～290	
白心	KTB350-04		9 12 15	310 350 360	— — —	5 4 3	≤230	白心可锻铸铁的特点是：①薄壁铸件仍有较好的韧性。②有非常优良的焊接性，可与钢钎焊。③可加工性好，但工艺复杂，生产周期长，强度及耐磨性较差，在机械工业中少用，适用于制作厚度在 15mm 以下的薄壁铸件和焊后不需进行热处理的零件
	KTB360-12		9 12 15	320 360 370	170 190 200	15 12 7	≤200	
	KTB400-05		9 12 15	360 400 420	200 220 230	8 5 4	≤220	
	KTB450-07		9 12 15	400 450 480	230 260 280	10 7 4	≤220	

2）按附铸试块的力学性能分为 14 个牌号，见表 7-5。

表 7-4　单铸试样的力学性能（GB/T 1348—2009）

材料牌号	抗拉强度 R_m /MPa(min)	屈服强度 $R_{p0.2}$ /MPa(min)	断后伸长率 A(%)(min)	布氏硬度 HBW	主要基体组织
QT350-22L	350	220	22	≤160	铁素体
QT350-22R	350	220	22	≤160	铁素体
QT350-22	350	220	22	≤160	铁素体
QT400-18L	400	240	18	120～175	铁素体
QT400-18R	400	250	18	120～175	铁素体
QT400-18	400	250	18	120～175	铁素体
QT400-15	400	250	15	120～180	铁素体
QT450-10	450	310	10	160～210	铁素体
QT500-7	500	320	7	170～230	铁素体＋珠光体
QT550-5	550	350	5	180～250	铁素体＋珠光体
QT600-3	600	370	3	190～270	珠光体＋铁素体
QT700-2	700	420	2	225～305	珠光体
QT800-2	800	480	2	245～335	珠光体或索氏体
QT900-2	900	600	2	280～360	回火马氏体或屈氏体＋索氏体

注：1. 如需求球铁 QT500-10 时，其性能要求见 GB/T 1348 附录 A。

2. 字母“L”表示该牌号有低温（－20℃或－40℃）下的冲击性能要求；字母“R”表示该牌号有室温（23℃）下的冲击性能要求。

3. 伸长率是从原始标距 $L_0=5d$ 上测得的，d 是试样上原始标距处的直径。其他规格的标距见 GB/T 1348 中 9.1 及附录 B。

表 7-5　附铸试样的力学性能（GB/T 1348—2009）

材料牌号	铸件壁厚/mm	抗拉强度 R_m /MPa(min)	屈服强度 $R_{p0.2}$ /MPa(min)	断后伸长率 A(%)(min)	布氏硬度 HBW	主要基体组织
QT350-22AL	≤30	350	220	22	≤160	铁素体
	＞30～60	330	210	18		
	＞60～200	320	200	15		
QT350-22AR	≤30	350	220	22	≤160	铁素体
	＞30～60	330	220	18		
	＞60～200	320	210	15		
QT350-22A	≤30	350	220	22	≤160	铁素体
	＞30～60	330	210	18		
	＞60～200	320	200	15		
QT400-18AL	≤30	380	240	18	120～175	铁素体
	＞30～60	370	230	15		
	＞60～200	360	220	12		
QT400-18AR	≤30	400	250	18	120～175	铁素体
	＞30～60	390	250	15		
	＞60～200	370	240	12		
QT400-18A	≤30	400	250	18	120～175	铁素体
	＞30～60	390	250	15		
	＞60～200	370	240	12		
QT400-15A	≤30	400	250	15	120～180	铁素体
	＞30～60	390	250	14		
	＞60～200	370	240	11		
QT450-10A	≤30	450	310	10	160～210	铁素体
	＞30～60	420	280	9		
	＞60～200	390	260	8		

（续）

材料牌号	铸件壁厚/mm	抗拉强度 R_m /MPa(min)	屈服强度 $R_{p0.2}$ /MPa(min)	断后伸长率 A(%)(min)	布氏硬度 HBW	主要基体组织
QT500-7A	≤30	500	320	7	170～230	铁素体＋珠光体
	＞30～60	450	300	7		
	＞60～200	420	290	5		
QT550-5A	≤30	550	350	5	180～250	铁素体＋珠光体
	＞30～60	520	330	4		
	＞60～200	500	320	3		
QT600-3A	≤30	600	370	3	190～270	珠光体＋铁素体
	＞30～60	600	360	2		
	＞60～200	550	340	1		
QT700-2A	≤30	700	420	2	225～305	珠光体
	＞30～60	700	400	2		
	＞60～200	650	380	1		
QT800-2A	≤30	800	480	2	245～335	珠光体或索氏体
	＞30～60	由供需双方商定				
	＞60～200					
QT900-2A	≤30	900	600	2	280～360	回火马氏体或索氏体＋屈氏体
	＞30～60	由供需双方商定				
	＞60～200					

注：1. 从附铸试样测得的力学性能并不能准确地反映铸件本体的力学性能，但与单铸试块上测得的值相比更接近于铸件的实际性能值。

2. 伸长率在原始标距 $L_0=5d$ 上测得，d 是试样上原始标距处的直径，其他规格的标距，见 GB/T 1348—2009 中 9.1 节及附录 B。

3. 如需球铁 QT500-10，其性能要求见 GB/T 1348—2009 中附录 A。

2. 球墨铸铁的应用

常见牌号球墨铸铁的应用举例见表 7-6。

表 7-6　常见牌号球墨铸铁的应用举例

牌号	特点及应用举例
QT900-2	具有高强度，很好的耐磨性，较高的弯曲疲劳强度，用于制作内燃机中的凸轮轴、拖拉机的减速齿轮、汽车中的准双曲面齿轮、农机中的耙片等
QT800-2	具有较高的强度，很好的耐磨性及一定的韧性，用于制作部分机床的主轴，空压机、冷冻机、制氧机、泵的曲轴、缸体、缸套，球磨机齿轮轴，矿车轮，汽油机的曲轴，部分轻型柴油机、汽油机的凸轮轴、气缸套、进排气门座、连杆，小载荷齿轮等
QT700-2	
QT600-3	
QT500-7	具有中等的强度和韧性，用于制作内燃机中油泵齿轮、汽轮机的中温气缸隔板、水轮机阀门体、机车车辆轴瓦
QT450-10	
QT400-15	韧性高，低温性能较好，具有一定的耐蚀性，用于制作汽车拖拉机中的驱动桥、轮毂、驱动桥壳体、离合器壳体、差速器壳体、减速器壳、离合器拨叉、弹簧吊耳、阀盖、支架、收割机的导架、护刃器等
QT400-18	

7.1.1.4　耐热铸铁（表 7-7～表 7-10）

表 7-7　耐热铸铁的牌号及化学成分（GB/T 9437—2009）

铸铁牌号	化学成分(质量分数,%)						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al
			不大于				
HTRCr	3.0～3.8	1.5～2.5	1.0	0.10	0.08	0.50～1.00	
HTRCr2	3.0～3.8	2.0～3.0	1.0	0.10	0.08	1.00～2.00	—
HTRCr16	1.6～2.4	1.5～2.2	1.0	0.10	0.05	15.00～18.00	—
HTRSi5	2.4～3.2	4.5～5.5	0.8	0.10	0.08	0.5～1.00	—

（续）

铸铁牌号	化学成分(质量分数,%)						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al
			不大于				
QTRSi4	2.4～3.2	3.5～4.5	0.7	0.07	0.015	—	—
QTRSi4Mo	2.7～3.5	3.5～4.5	0.5	0.07	0.015	Mo0.5～0.9	—
QTRSi4Mo1	2.7～3.5	4.0～4.5	0.3	0.05	0.015	Mo1.0～1.5	Mg0.01～0.05
QTRSi5	2.4～3.2	4.5～5.5	0.7	0.07	0.015	—	—
QTRAl4Si4	2.5～3.0	3.5～4.5	0.5	0.07	0.015	—	4.0～5.0
QTRAl5Si5	2.3～2.8	4.5～5.2	0.5	0.07	0.015	—	5.0～5.8
QTRAl22	1.6～2.2	1.0～2.0	0.7	0.07	0.015	—	20.0～24.0

表 7-8　耐热铸铁的室温力学性能（GB/T 9437—2009）

铸铁牌号	最小抗拉强度 R_m/MPa	硬度/HBW
HTRCr	200	189～288
HTRCr2	150	207～288
HTRCr16	340	400～450
HTRSi5	140	160～270
QTRSi4	420	143～187
QTRSi4Mo	520	188～241
QTRSi4Mo1	550	200～240
QTRSi5	370	228～302
QTRAl4Si4	250	285～341
QTRAl5Si5	200	302～363
QTRAl22	300	241～364

注：允许用热处理方法达到上述性能。

表 7-9　耐热铸铁的高温短时抗拉强度（GB/T 9437—2009）

铸铁牌号	在下列温度时的最小抗拉强度 R_m/MPa				
	500℃	600℃	700℃	800℃	900℃
HTRCr	225	144	—	—	—
HTRCr2	243	156	—	—	—
HTRCr16	—	—	—	144	88
HTRSi5	—	—	41	27	—
QTRSi4	—	—	75	35	—
QTRSi4Mo	—	—	101	46	—
QTRSi4Mo1	—	—	101	46	—
QTRSi5	—	—	67	30	—
QTRAl4Si4	—	—	—	82	32
QTRAl5Si5	—	—	—	167	75
QTRAl22	—	—	—	130	77

表 7-10　耐热铸铁的使用条件及应用举例（GB/T 9434—2009）

铸铁牌号	使用条件	应用举例
HTRCr	在空气炉气中,耐热温度到550℃,具有高的抗氧化性和体积稳定性	适用于急冷急热的,薄壁,细长件。用于炉条、高炉支架式水箱,金属型、玻璃模具等
HTRCr2	在空气炉气中,耐热温度到600℃,具有高的抗氧化性和体积稳定性	适用于急冷急热的,薄壁,细长件。用于煤气炉内灰盆、矿山烧结车挡板等
HTRCr16	在空气炉气中耐热温度到900℃,具有高的室温及高温强度,高的抗氧化性,但常温脆性较大,耐硝酸的腐蚀	可在室温及高温下作抗磨件使用。用于退火罐、煤粉烧嘴、炉栅、水泥焙烧炉零件、化工机械等零件

（续）

铸铁牌号	使用条件	应用举例
HTRSi5	在空气炉气中，耐热温度到 700℃，耐热性较好，承受机械和热冲击能力较差	用于炉条、煤粉烧嘴、锅炉用梳形定位板、换热器针状管、二硫化碳反应瓶等
QTRSi4	在空气炉气中耐热温度到 650℃，力学性能抗裂性较 RQTSi5 好	用于玻璃窑烟道闸门、玻璃引上机墙板、加热炉两端管架等
QTRSi4Mo	在空气炉气中耐热温度到 680℃，高温力学性能较好	用于内燃机排气歧管、罩式退火炉导向器、烧结机中后热筛板、加热炉吊梁等
QTRSi4Mo1	在空气炉气中耐热温度到 800℃，高温力学性能好	用于内燃机排气歧管、罩式退火炉导向器、烧结机中后热筛板、加热炉吊梁等
QTRSi5	在空气炉气中耐热温度到 800℃，常温及高温性能显著优于 HTRSi5	用于煤粉烧嘴、炉条、辐射管、烟道闸门、加热炉中间管架等
QTRAl4Si4	在空气炉气中耐热温度到 900℃，耐热性良好	适用于高温轻载荷下工作的耐热件。用于烧结机箅条、炉用件等
QTRAl5Si5	在空气炉气中耐热温度到 1050℃，耐热性良好	
QTRAl22	在空气炉气中耐热温度到 1100℃，具有优良的抗氧化能力，较高的室温和高温强度，韧性好，抗高温硫蚀性好	适用于高温（1100℃）、载荷较小、温度变化较缓的工件。用于锅炉用侧密封块、链式加热炉炉爪、黄铁矿焙烧炉零件等

7.1.2 铸钢（GB/T 11352—2009）

7.1.2.1 一般工程用铸钢的牌号及力学性能（表 7-11）

按 GB/T 5613 的规定，一般工程用铸造碳钢件牌号分为：ZG 200-400、ZG 230-450、ZG 270-500、ZG 310-570、ZG 340-640。

表 7-11 一般工程用铸钢的力学性能及应用（≥）（GB/T 11352—2009）

牌号	屈服强度 R_{eH}（$R_{p0.2}$）/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	伸长率 A_5（%）	根据合同选择			用途举例
				断面收缩率 Z（%）	冲击吸收能量 KV/J	冲击吸收能量 KU_2/J	
ZG 200～400	200	400	25	40	30	47	机座、电气吸盘、变速箱体等受力不大但要求有韧性的零件
ZG 230～450	230	450	22	32	25	35	用于载荷不大、韧性较好的零件，如轴承盖、底板、阀体、侧架、轧钢机架、铁道车辆摇枕、箱体等
ZG 270～500	270	500	18	25	22	27	飞轮，车辆车钩，水压机工作缸，机架，蒸汽锤气缸，轴承座，连杆，箱体，曲拐
ZG 310～570	310	570	15	21	15	24	用于重载零件，如联轴器、大齿轮、缸体、气缸、机架、制动轮、轴及辊子
ZG 340～640	340	640	10	18	10	16	起重运输机齿轮，联轴器，齿轮，车轮，棘轮，叉头

注：表中所列的各牌号性能，适应于厚度为 100mm 以下的铸件。当铸件厚度超过 100mm 时，表中规定的 R_{eH}（$R_{p0.2}$）屈服强度仅供设计使用。

7.1.2.2 焊接结构用铸钢的牌号及力学性能（表 7-12）

焊接结构用铸钢分为 ZG200-400H、ZG230-450H、ZG270-480H、ZG300-500H、ZG340-550H 等五个牌号。牌号末尾的“H”为“焊”字汉语拼音的第一个大写字母，表示焊接用钢。

表 7-12　焊接结构用铸钢的力学性能（GB/T 7659—2010）

牌号	拉伸性能			根据合同选择	
	上屈服强度 R_{eH} MPa(min)	抗拉强度 R_m /MPa(min)	断后伸长率 A (%)(min)	断面收缩率 Z (%)≥(min)	冲击吸收能量 KV_2 J(min)
ZG200-400H	200	400	25	40	45
ZG230-450H	230	450	22	35	45
ZG270-480H	270	480	20	35	40
ZG300-500H	300	500	20	21	40
ZG340-550H	340	550	15	21	35

注：当无明显屈服时，测定规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$。

7.1.2.3　铸造高锰钢的牌号及力学性能（表 7-13）

表 7-13　铸造高锰钢的牌号、性能和用途（GB/T 5680—2010）

牌号	力学性能≥				用途举例
	下屈服强度 R_{eL}/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后伸长率 A(%)	冲击吸收能量 KU_2/J	
ZG120Mn13	—	685	25	118	高锰钢铸件具有高强度，良好的塑性和韧性，在使用中受冲击和强大压力而变形时，产生高耐磨的表面层，里层仍具有优良韧性，故能承受冲击载荷，用于铸造各种耐冲击、抗磨损的零件
ZG120Mn13Cr2	390	735	20	—	

7.1.2.4　合金铸钢的力学性能及应用（表 7-14）

表 7-14　合金铸钢的力学性能及应用（JB/T 6402—2006）

材料牌号	热处理状态	R_{eH} /MPa≥	R_m/MPa ≥	A(%) ≥	Z(%) ≥	KU/J ≥	KV/J ≥	A_{KDVM}/J ≥	HBW ≥	备注
ZG20Mn	正火+回火	285	495	18	30	39	—	—	145	焊接及流动性良好，作水压机缸、叶片、喷嘴体、阀、弯头等
	调质	300	500~650	24	—	—	45	—	150~190	
ZG30Mn	正火+回火	300	558	18	30	—	—	—	163	
ZG35Mn	正火+回火	345	570	12	20	24	—	—	—	用于承受摩擦的零件
	调质	415	640	12	25	27	—	27	200~240	
ZG40Mn	正火+回火	295	640	12	30	—	—	—	163	用于承受摩擦和冲击的零件，如齿轮等
ZG40Mn2	正火+回火	395	590	20	40	30	—	—	179	用于承受摩擦的零件，如齿轮等
	调质	685	835	13	45	35	—	35	269~302	
ZG45Mn2	正火+回火	392	637	15	30	—	—	—	179	用于模块、齿轮等
ZG50Mn2	正火+回火	445	785	18	37	—	—	—	—	用于高强度零件，如齿轮、齿轮缘等
ZG35SiMnMo	正火+回火	395	640	12	20	24	—	—	—	用于承受负荷较大的零件
	调质	490	690	12	25	27	—	27	—	

（续）

材料牌号	热处理状态	R_{eH} /MPa≥	R_m/MPa ≥	A(%) ≥	Z(%) ≥	KU/J ≥	KV/J ≥	A_{KDVM}/J ≥	HBW ≥	备注
ZG35CrMnSi	正火+回火	345	690	14	30	—	—	—	217	用于承受冲击、摩擦的零件，如齿轮、滚轮等
ZG20MnMo	正火+回火	295	490	16	—	39	—	—	156	用于受压容器，如泵壳等
ZG30Cr1MnMo	正火+回火	392	686	15	30	—	—	—	—	用于拉坯和立柱
ZG55CrMnMo	正火+回火	不规定	不规定	—	—	—	—	—	—	有一定的热硬性，用于锻模等
ZG40Cr1	正火+回火	345	630	18	26	—	—	—	212	用于高强度齿轮
ZG34Cr2Ni2Mo	调质	700	950～1000	12	—	—	32	—	240～290	用于特别要求的零件，如锥齿轮、小齿轮、桥式起重机行走轮、轴等
ZG15Cr1Mo	正火+回火	275	490	20	35	24	—	—	140～220	用于汽轮机
ZG20CrMo	正火+回火	245	460	18	30	30	—	—	135～180	用于齿轮、锥齿轮及高压缸零件等
	调质	245	460	18	30	24	—	—	—	
ZG35Cr1Mo	正火+回火	392	588	12	20	23.5	—	—		用于齿轮、电炉支承轮轴套、齿圈等
	调质	510	686	12	25	31	—	27	201	
ZG42Cr1Mo	正火+回火	343	569	12	20	—	30	—	—	用于承受高负荷零件、齿轮、锥齿轮等
	调质	490	690～830	11	—	—	—	21	200～250	
ZG50Cr1Mo	调质	520	740～880	11	—	—	—	34	200～260	用于减速器零件、齿轮、小齿轮等
ZG65Mn	正火+回火	不规定	不规定	—	—	—	—	—	—	用于球磨机衬板等
ZG28NiCrMo	—	420	630	20	40	—	—	—	—	适用于直径大于300mm的齿轮铸件
ZG30NiCrMo	—	590	730	17	35	—	—	—	—	适用于直径大于300mm的齿轮铸件
ZG35NiCrMo	—	660	830	14	30	—	—	—	—	适用于直径大于300mm的齿轮铸件

注：1. 需方无特殊要求时，KU、KV、A_{KDVM}由供方任选一种。
2. 需方无特殊要求时，硬度不作为验收依据，仅供设计参考。

7.1.3 碳素结构钢和低合金结构钢（GB/T 700—2006、GB/T 1591—2008）

7.1.3.1 碳素结构钢的牌号及性能

钢的牌号由代表屈服强度的字母、屈服强度数值、质量等级符号、脱氧方法符号等4个

部分按顺序组成。例如：Q235AF。

其中：　Q——钢材屈服强度“屈”字汉语拼音首位字母；

A、B、C、D——质量等级；

F——沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母；

Z——镇静钢“镇”字汉语拼音首位字母；

TZ——特殊镇静钢“特镇”两字汉语拼音首位字母。

在牌号组成表示方法中，“Z”与“TZ”符号可以省略。

碳素结构钢的力学性能及应用见表 7-15。

表 7-15　碳素结构钢的力学性能及应用（GB/T 700—2006）

牌号	等级	屈服强度①R_{eH}/MPa，不小于						抗拉强度② R_m/MPa	断后伸长率 A(%)≥					冲击试验(V 型缺口)	
		厚度(或直径)/mm							厚度(或直径)/mm					温度/℃	冲击吸收能量(纵向)/J 不小于
		≤16	>16～40	>40～60	>60～100	>100～150	>150～200		≤40	>40～60	>60～100	>100～150	>150～200		
Q195	—	195	185	—	—	—	—	315～430	33	—	—	—	—	—	—
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335～450	31	30	29	27	26	—	—
	B													+20	27
Q235	A	235	225	215	215	195	185	370～500	26	25	24	22	21	—	—
	B													+20	27③
	C													0	
	D													−20	
Q275④	A	275	265	255	245	225	215	410～540	22	21	20	18	17	—	—
	B													+20	27
	C													0	
	D													−20	

牌号	特点	用途举例
Q195	较高的塑性、韧性和焊接性，良好的压力加工性能，但强度低	载荷较小的零件、垫块、铆钉、地脚螺栓、低碳钢丝、薄板、焊管、拉杆、开口销以及冲压零件、焊接件等
Q215-A Q215-B	性能与 Q195 相近，但塑性稍差	薄板、镀锌钢丝、钢丝网、焊管、地脚螺栓、铆钉、垫圈、渗碳零件、焊接件等
Q235-A Q235-B Q235-C Q235-D	良好的塑性、韧性和焊接性、冷冲压性以及一定的强度、好的冷弯性能，适合钢结构及钢筋混凝土结构用钢要求	广泛用于制造薄板、钢筋、钢结构用各种型钢、建筑结构、桥梁、机座、机械零件、渗碳或碳氮共渗零件、焊接件、支架、受力不大的拉杆、连杆、销、轴、螺钉、螺母、套圈等
Q275	具有较高的强度、硬度，较好的耐磨性，一定的焊接性和切削加工性能，小型零件可以淬火强化，塑性和韧性低于 Q255	钢筋混凝土结构配筋、钢构件，要求强度较高的零件，如齿轮、轴、链轮、键、制动杆、连杆、吊钩螺栓、螺母、农机用型钢、输送链和链节等

① Q195 的屈服强度值仅供参考，不作交货条件。

② 厚度大于 100mm 的钢材，抗拉强度下限允许降低 20MPa，宽带钢（包括剪切钢板）抗拉强度上限不作为交货条件。

③ 厚度小于 25mm 的 Q235B 级钢材，如供方能保证冲击吸收能量值合格，经需方同意，可不作检验。

④ Q275 牌号由 ISO 630：1995 中 E275 牌号改得。

7.1.3.2 优质碳素结构钢的性能（表 7-16）

表 7-16 常用优质碳素结构钢的力学性能及应用（GB/T 699—1999、JB/T 6397—2006）

牌号	标准号	推荐热处理			试件毛坯尺寸/mm	力学性能					钢材交货状态硬度 HBW		特性和用途
		正火	淬火	回火		R_m	R_{eL}	A	Z	KU	不大于		
						MPa		%		J			
						不小于					未热处理	退火钢	
20	JB/T 6397	正火或正火+回火			≤100	340~470	215	24	53	54	105~156		冷变形塑性高，一般供弯曲、拉深用，为了获得好的深冲拉深性能，板材应正火或高温回火。用于制造不经受很大应力而要求很大韧性的机械零件，如杠杆、轴套、螺钉。起重钩等。还可用于表面硬度高而心部强度要求不大的渗碳与碳氮共渗零件
					>100~250	320~470	205	23	50	49			
					>250~500	320~470	195	22	45	49			
30	GB/T 699	880	860	600	25	490	295	21	50	63	179		截面尺寸不大时，淬火并回火后呈索氏体组织，从而获得良好的强度和韧性的综合性能。用于制造螺钉、拉杆、轴、套筒、机座等
	JB/T 6397	正火或正火+回火			≤100	410~540	235	20	50	49	120~155		
					>100~250	390~520	225	19	48	39			
					>250~500	390~520	215	18	40	39			
35	GB/T 699	870	850	600	25	530	315	20	45	55	197		有好的塑性和适当的强度，多在正火和调质状态下使用。焊接性尚可，但焊前要预热，焊后要去应力退火处理，一般不进行焊接。用于制造曲轴、转轴、杠杆、连杆、圆盘、套筒、钩环、飞轮、机身、法兰、螺栓、螺母等
	JB/T 6397	正火或正火+回火			≤100	490~630	255	18	43	34	140~172		
					>100~250	150~590	240	17	40	29			
					>250~500	450~590	220	16	27	29			
		调质			≤16	630~780	430	17	35	40	—		
					>16~40	600~700	370	19	40	40	—		
					>40~100	550~700	320	20	45	40	196~241		
					>100~250	490~640	295	22	40	40	189~229		
					>250~500	490~640	275	21	—	38	163~219		
40	GB/T 699	860	840	600	25	570	335	19	45	47	217	187	有较高强度，加工性良好，塑性中等，焊接性差，焊前需预热，焊后应热处理，多在正火和调质状态下使用，用于制造轴、曲柄销、活塞杆等
	JB/T 6397	正火或正火+回火调质			同本标准 35 钢								
45	GB/T 699	850	840	600	25	600	355	16	40	39	229	197	强度较高，塑性和韧性尚好，用于制作承受载荷较大的小截面调质件和应力较小的大型正火零件以及对心部强度要求不高的表面淬火件，如曲轴、传动轴、齿轮、蜗杆、键、销等。水淬时有形成裂纹的倾向，形状复杂的零件应在热水或油中淬火。焊接性差
	JB/T 6397	正火或正火+回火			≤100	570~710	295	14	38	29	170~207		
					>100~250	550~690	280	13	35	24			
					>250~500	550~690	260	12	32	24			
		调质			≤16	700~850	500	14	30	31	—		
					>16~40	650~800	430	16	35	31	—		
					>40~100	630~780	370	17	40	31	207~302		
					>100~250	590~740	345	18	35	31	197~286		
					>250~500	590~740	345	17	—	—	187~255		

50	GB/T 699	830	830	600	25	630	375	14	40	31	241	207	强度高、塑性、韧性较差、可加工性中等，焊接性差。水淬时有形成裂纹的倾向。一般在正火、调质状态下使用，用于强度、耐磨性或弹性、动载荷及冲击载荷不大的零件，如齿轮、轧辊、机床主轴、连杆、次要弹簧等
	JB/T 6937	正火或正火+回火调质			同本标准45钢								
55	GB/T 699	820	820	600	25	645	380	13	35		255	217	
60	GB/T 699	810			25	675	400	12	35		255	229	
20Mn	GB/T 699	910			25	450	275	24	50		197		
30Mn	GB/T 699	880	860	600	25	540	315	20	45	63	217	187	
40Mn	GB/T 699	860	840	600	25	590	355	17	45	47	229	207	在正火或淬火与回火状态下应用。可加工性好。焊接性不良。用以制造承受疲劳载荷的零件，如轴、滚子及高应力下的工作螺钉、螺母等
45Mn	GB/T 699	850	840	600	25	620	375	15	40	39	241	217	用于受磨损的零件，如转轴、心轴、齿轮、螺栓、螺母等。还可用于离合器盘、花键轴、万向节、凸轮轴、曲轴、汽车后轴、地脚螺栓等。焊接性较差
50Mn	GB/T 699	830	830	600	25	645	390	13	40	31	255	217	弹性、强度、硬度均高，多在淬火与回火后应用；在某些情况下也可在正火后应用。焊接性差。用于制造耐磨性要求很高、在高负荷作用下的热处理零件，如齿轮、齿轮轴、摩擦盘和截面尺寸在80mm以下的心轴等
60Mn	GB/T 699	810			25	695	410	11	35		269	229	强度高、淬透性较大，脱碳倾向性小，但有过热敏感性，易产生淬火裂纹，并有回火脆性。适宜制造较大尺寸的各种扁、圆弹簧，发条，以及其他经受摩擦的农机零件，如犁、切刀等，也可制作轻载汽车离合器弹簧

注1. 表中所列正火推荐保温时间不少于30min，空冷，淬火推荐保温时间不少于30min，水冷，回火推荐保温时间不少于1h。

2. 表中GB/T 699所列力学性能仅适用于截面尺寸不大于80mm的钢材。

3. 标准JB/T 6397所列钢号分1级钢和2级钢（但调质状态不分），本表仅列出1级钢的性能。2级钢用于出口或要求较高的产品。

4. GB/T 699一般适用于直径或厚度不大于250mm的优质碳素结构钢棒材，尺寸超出250mm的需供需协商。

7.1.3.3 低合金高强度结构钢（表 7-17、表 7-18）

表 7-17 低合金高强度结构钢的力学性能（摘自 GB/T 1591—2008）

牌号	质量等级	拉伸试验①,②,③																					
		以下公称厚度(直径,边长)下屈服强度 R_{eL}/MPa									以下公称厚度(直径,边长)抗拉强度 R_m/MPa							断后伸长率 A(%) 公称厚度(直径,边长)					
		≤16mm	>16~40mm	>40~63mm	>63~80mm	>80~100mm	>100~150mm	>150~200mm	>200~250mm	>250~400mm	≤40mm	>40~63mm	>63~80mm	>80~100mm	>100~150mm	>150~250mm	>250~400mm	≤40mm	>40~63mm	>63~100mm	>100~150mm	>150~250mm	>250~400mm
Q345	A	≥345	≥335	≥325	≥315	≥305	≥285	≥275	≥265	—	470~630	470~630	470~630	470~630	450~600	450~600	—	≥20	≥19	≥19	≥18	≥17	—
	B																						
	C																	≥21	≥20	≥20	≥19	≥18	≥17
	D									≥265							450~600						
	E																						
Q390	A	≥390	≥370	≥350	≥330	≥330	≥310	—	—	—	490~650	490~650	490~650	490~650	470~620	—	—	≥20	≥19	≥19	≥18	—	—
	B																						
	C																						
	D																						
	E																						
Q420	A	≥420	≥400	≥380	≥360	≥360	≥340	—	—	—	520~680	520~680	520~680	520~680	500~650	—	—	≥19	≥18	≥18	≥18	—	—
	B																						
	C																						
	D																						
	E																						
Q460	C	≥460	≥440	≥420	≥400	≥400	≥380	—	—	—	550~720	550~720	550~720	550~720	530~700	—	—	≥17	≥16	≥16	≥16	—	—
	D																						
	E																						

Q500	C	≥500	≥480	≥470	≥450	≥440	—	—	—	—	610～770	600～760	590～750	540～730	—	—	—	≥17	≥17	≥17	—	—	—
	D																						
	E																						
Q550	C	≥550	≥530	≥520	≥500	≥490	—	—	—	—	670～830	620～810	600～790	590～780	—	—	—	≥16	≥16	≥16	—	—	—
	D																						
	E																						
Q620	C	≥620	≥600	≥590	≥570	—	—	—	—	—	710～880	690～880	670～860	—	—	—	—	≥15	≥15	≥15	—	—	—
	D																						
	E																						
Q690	C	≥690	≥670	≥660	≥640	—	—	—	—	—	770～940	750～920	730～900	—	—	—	—	≥14	≥14	≥14	—	—	—
	D																						
	E																						

① 当屈服不明显时，可测量 $R_{p0.2}$ 代替下屈服强度。

② 宽度不小于600mm扁平材，拉伸试验取横向试样；宽度小于600mm的扁平材、型材及棒材取纵向试样，断后伸长率最小值相应提高1%（绝对值）。

③ 厚度 >250～400mm 的数值适用于扁平材。

表 7-18 低合金高强度结构钢的应用

牌号	性能特点	用途举例
Q295	钢中含有微量合金元素,有良好的塑性、冷弯性能、焊接性及耐蚀性能,但强度不太高	用于建筑结构,低压锅炉,低中压化工容器、管道、油罐、以及对强度要求不高的工程结构,起重机、拖拉机、车辆等用的机械构件
Q345	综合力学性能好,冷热加工性能、焊接性和耐蚀性均好,该钢号的 C、D、E 等级钢材具有良好的低温韧性	用于桥梁、船舶、电站设备、锅炉、压力容器、石油储罐,以及对强度要求不高的工程结构,起重机、拖拉机、车辆等用的机械构件
Q390		
Q420	强度高,焊接性好,在正火或正火加回火状态具有较高的综合力学性能	用于大型船舶、桥梁、电站设备、中高压锅炉、高压容器、机车车辆、起重机械、矿山机械及其他大型工程与焊接结构件
Q460	在本钢类中强度最高,经正火、正火加回火或淬火加回火处理后有很高的综合力学性能,该钢号的 C、D、E 等级钢材可保证良好的韧性	属于备用钢种,主要用于各种大型工程结构及要求强度高,载荷大的轻型结构

7.1.4 合金结构钢(表 7-19)

表 7-19 常见合金结构钢的品种规格、性能及应用

钢种	牌号	供应状态	性能特点与用途
渗碳、渗氮钢	12CrNi3A	棒材为回火或退火;钢管为热轧或退火;锻件为正火或正火+高温回火	淬火加高温回火后有良好的综合力学性能,钢的低温韧性好,可加工性良好,冷变形塑性中等,但有回火脆性和形成白点的倾向。该钢主要用于制造要求表面硬度高,而心部有良好综合力学性能的渗碳件 用于制造发动机各类齿轮、轴、活塞胀圈、滚子和调节螺钉等
	12Cr2Ni4A	正火或高温回火	优良的渗碳钢,有高的淬透性,经渗碳并淬火加低温回火后,不但表面有很高的硬度,而且心部强度和韧性、塑性配合很好。该钢冷变形塑性中等,可加工性尚好 主要用于制造各种齿轮、轴、销子和活塞等渗碳件,一般不作焊接件
	14CrMnSiNi2MoA	退火或高温回火	具有较好的淬透性,强度和冲击韧度高,热稳定性好,弯曲疲劳强度高而且缺口敏感性小。经渗碳并淬火加低温回火后表面具有很高的硬度,心部又有好的强度与韧性的配合。可加工性和冷变形性能中等 适用于制造截面较大的重载高速传动齿轮、轴及其他要求表面渗碳的零件
	18Cr2Ni4WA	钢管可在热轧、冷轧或退火状态下供应;棒材通常为退火或高温回火状态供应,锻件正火并回火状态供应	在淬火低温回火或淬火高温回火后,有很好的强度与韧性配合,具有较高的疲劳强度、低的缺口敏感性和良好的低温冲击韧度。钢的淬透性很好 广泛用于制造截面较大的零件,如齿轮、轴、接头、螺栓、活塞杆及其他受力零件。该钢的冷变形塑性和焊接性较差,一般不作焊接件用
	18CrNi4A	以热轧或退火状态供应	高的淬透性和较好的渗碳、焊接、切削及磨削性能。该钢经淬火及低温回火后具有较高的抗拉强度及良好的综合力学性能,有高的疲劳强度及低的缺口敏感性 该钢适用于制造关键的重载齿轮及轴类零件,也可当作渗碳轴承钢使用
	32Cr3MoVA	正火后高温回火	中碳低合金渗氮钢。高的淬透性,良好的渗氮性能和综合力学性能。渗氮后表面可获得高的硬度和耐磨性,心部有良好综合性能的渗氮钢 适用于制造直升机传动系统的锥齿轮、齿轮轴等重要零件

（续）

钢种	牌号	供应状态	性能特点与用途
渗碳、渗氮钢	38CrMoAlA	热轧、退火或高温回火状态供应	很好的渗氮性能和力学性能，渗氮后表面有高的硬度和好的耐磨性能，心部有很好的强度与韧性的配合。该钢的淬透性较高，可加工性尚好，但冷变形塑性低，焊接性较差，并有脱碳现象 主要用于制造尺寸精确、要求有高的耐磨性和疲劳强度的渗氮零件，如气缸套、底套、齿轮、螺栓、轴和转子等
	5Ni12Mn5Cr3Mo	退火或冷拉	奥氏体耐热钢，不但具有高的强度、韧性、塑性和良好的冷热成形性，还具有较好的抗氧化性和耐蚀性，可进行渗氮处理，提高表面耐磨性。该钢不能通过热处理强化，一般在渗氮后使用。该钢可加工性良好 多用于制造航空发动机燃油调节器中的衬套、活塞等重要零件
	30Cr3MoA	退火状态，硬度不高于248HBW	该钢经调质处理后不仅具有较高的抗拉强度，高的韧性、塑性及良好的淬透性，而且钢的过热敏感性、脱碳倾向及回火脆性倾向均较低。该钢经渗氮处理后，表面硬度高，耐磨性好，且氮化层脆性较小 适于制造齿轮、轴类等重要的受力零件
调质高强度钢	15CrMnMoVA/E	退火	低碳低合金贝氏体钢，该钢有二次硬化现象，淬火加高温回火后具有高的强度，好的塑性和韧性，良好的冲压性能和焊接性；经调质处理后，可焊接任何复杂的构件，焊后无须进行热处理。该钢淬透性较低，适于制作截面较小的焊接件和钣金件
	18Mn2CrMoBA	热轧、退火或高温回火	该钢有很高的淬透性，可进行空淬处理，不但简化热处理工艺，而且减少零件的变形；该钢具有较高的回火稳定性，良好的冲压性和焊接性，焊接裂纹倾向性小，焊后不需热处理，焊缝与空淬后基体等强度，可制造任何复杂的焊接构件 该钢适用于制作飞机承力结构件，尤其是钣金冲压焊接件、大型焊接组合件，如飞机承力框架、型面复杂的座舱口框梁、天窗骨架等
	20CrNi3A	正火、退火或高温回火	调质渗碳钢，该钢淬透性良好，能够在大截面上获得均匀的强度。调质或淬火加低温回火后，具有良好的综合力学性能。钢的可加工性良好，冷变形塑性和焊接性中等。该钢有形成白点的敏感性，高温回火时有回火脆性倾向 通常用于制造高负荷条件下工作的齿轮、轴等
	25CrMoA	退火状态	该钢是一种淬透性较好的低碳合金结构钢，该钢具有较高的强度，又有优良塑性、韧性及焊接性。该钢淬火可获得低碳板条马氏体，因而具有优良的综合性能。该钢既能在淬火加低温回火状态下使用，又能在调质状态下使用，可制造复杂的焊接件
	25CrMoA	除冷拉钢棒和钢丝可在冷拉状态供应外，其他品种均为退火或高温回火状态供应	调质钢，具有较好的淬透性和综合力学性能，可加工性和焊接性较好，低温冲击韧度良好。该钢适用于制造截面较大承力构件 用于制造螺栓、齿轮、450℃以下工作的法兰盘及导管等
	30CrMnSiA	热轧、退火或高温回火	飞机制造业中使用最广泛的一种调质钢。在淬火高温回火状态下具有较高的强度和最够的韧性。该钢淬透性不高，油淬时可淬透直径25mm。脱碳倾向较大，横向性能较差，焊接性中等，冷变形塑性尚好，可加工性良好 该钢适用于制造航空重要锻件、机械加工零件、钣金件和焊接件。如对接接头、螺栓、轴、齿轮、框架和冷气瓶等
	30Ni4CrMoA	棒材以正火状态、高温回火或淬火加高温回火状态供应；丝材以退火或退火后磨光状态供应	该钢淬透性很好，调质处理后，可在大截面上获得均匀的高强度及高塑性、高韧性组合。冷脆转变温度低，缺口敏感性小，抗疲劳性能好。该钢无明显的回火脆性，可加工性中等，但冷变形塑性和焊接性较差，通常不作焊接件使用 适用于制造截面较大的重要受力零件，如轴类、螺栓、对接接头、齿轮等
	37CrNi3A	通常为正火或高温回火	具有较高的淬透性，在调质状态下能在大的截面上获得均匀的强度与韧性的良好配合，可加工性良好。此钢有形成白点的敏感性及回火脆性倾向，冷变形塑性较差，焊接性也不好 该钢适用于制造重要的截面较大的零件
	38CrA	退火、正火、回火或正火加回火	加工经调质处理后，有良好的综合力学性能，好的低温冲击韧度、低缺口敏感性和较好的可加工性，但淬透性较低，冷变形塑性和焊接性较差 该钢一般用于制造承受低负载的零件，如发动机用螺栓、连接件、套筒、轴等低负载零件

（续）

钢种	牌号	供应状态	性能特点与用途
调质高强度钢	40CrNiMoA	通常为热轧、退火或高温回火	具有很好的淬透性。调质状态下，能在大截面上获得均匀的、配合良好的强度和韧性，有较高的疲劳强度和低的缺口敏感性。低温冲击韧度也高，无明显的回火脆性，可加工性中等，冷变形塑性和焊接性较差，一般不作焊接件使用，主要调质状态下使用 宜于制造截面较大的零件及其他受力构件，如直升机的螺旋桨轴、活塞杆、传动齿轮、螺栓等。制造轴类零件时，纵向低倍要求无树枝状组织
	30CrMnSiNi2A	退火或正火加高温回火	广泛应用的低合金超高强度钢，该钢在30CrMnSiA基础上提高了锰和铬含量，并添加了1.4%～1.8%镍（质量分数），使其淬透性得到明显提高，改善了钢的韧性和回火稳定性；经热处理后壳获得高的强度、塑性和韧性，良好的抗疲劳性能和断裂韧度，低的疲劳裂纹扩展速率。该钢淬透性较高，可加工性和焊接性尚好 该钢适宜制造高强度连接件，如飞机起落架、机翼主梁、对合接头、结合螺栓、涡轮喷气发动机压气机中机匣的后段等重要受力结构部件
超高强度钢	35Ni4Cr2MoA	正火加高温回火	超高强度钢，该钢淬火加高温回火或低温回火，可获得高强度或超高强度两个级别，可在截面上获得均匀的高强度和高韧性、塑性配合，具有低的冷脆转变温度和高的疲劳强度等。通常不作焊接件使用，如特种部件必须焊接时，应选用真空电子束焊接 该钢适于制造截面较大的、承受疲劳载荷的关键部件，如轴类、接头、专业螺栓、起落架零部件等
	38Cr2Mo2VA	棒材退火；型材使用等温退火	一种二次硬化型低合金中温超高强度钢，该钢经淬火回火后使用，在室温至500℃中温下具有高强度和良好的综合力学性能、疲劳性能和抗应力腐蚀断裂性能 适于制造在500℃以下工作的飞机、发动机的高强度结构零件、如飞机后机身构架、接头等零件
	40CrMnSiMoVA	退火或正火加高温回火	低合金超高强度钢，该钢具有良好的工艺性能和综合力学性能，适宜制造高强度结构件、轴类件和螺栓等重要受力结构件，如飞机起落架、接头、结合螺栓等重要受力结构部件
	40CrNi2Si2MoVA	棒材退火；锻件使用正火加高温回火	该钢具有高淬透性、抗回火能力、超高强度，兼有优良的横向塑性、断裂韧度、抗疲劳性能、抗应力腐蚀性能。适宜制造飞机起落架、机体零件、接头和轴等结构零件，该钢对缺口和氢脆较敏感，一般不推荐焊接
	16Co14Ni10Cr2MoE	钢棒以正火加高温回火状态供应	低碳高合金二次硬化超高强度钢，该钢具有优良的综合力学性能、低温性能、中温性能和焊接性，该钢的使用状态为淬火和回火，在室温抗拉强度不小于1620MPa的条件下，其平面应变断裂韧度K_{IC}不低于143，能够用于损伤容限设计 该钢适宜制造长寿命高强度结构件、轴类零件、紧固件等，如焊接结构的飞机平尾大轴等
防弹钢	32Mn2Si2MoA	高温回火后供应，硬度不高于285HBW	均质航空防弹钢，该钢经淬火加低温回火后具有良好的防弹性能，压力加工和切削加工性能良好，可用做歼击机、强击机、轰炸机和武装直升机的装甲防护结构
	32CrNi2MoTiA	高温回火后供应，硬度不高于285HBW	表面硬化航空防弹钢，该钢经渗碳并淬火冷处理加低温回火后，具有良好的抗弹性能，压力加工、可加工性良好。该钢用做歼击机、强击机、轰炸机和武装直升机的装甲防护结构，如头盔、背靠、仪表板等

7.1.5 特殊用途钢

7.1.5.1 弹簧钢（表7-20、表7-21）

弹簧钢是专用于制造弹簧的工业用钢，广泛应用于运输工具和机械设备中。弹簧钢制造的各种螺旋弹簧、扭簧、板簧及其类似作用的其他形状弹簧，是保证各种机器、仪器仪表正常工作不可缺少的重要零件。

表 7-20　弹簧钢的力学性能（GB/T 1222—2007）

序号	牌号②	热处理制度①			力学性能，不小于				
		淬火温度/℃	淬火介质	回火温度/℃	抗拉强度 R_m/MPa	屈服强度 R_{eL}/MPa	断后伸长率 A(%)	断后伸长率 $A_{11.3}$(%)	断面收缩率 Z(%)
1	65	840	油	500	980	785		9	35
2	70	830	油	480	1030	835		8	30
3	85	820	油	480	1130	980		6	30
4	65Mn	830	油	540	980	785		8	30
5	55SiMnVB	860	油	460	1375	1225		5	30
6	60Si2Mn	870	油	480	1275	1180		5	25
7	60Si2MnA	870	油	440	1570	1375		5	20
8	60Si2CrA	870	油	420	1765	1570	6		20
9	60Si2CrVA	850	油	410	1860	1665	6		20
10	55SiCrA	860	油	450	1450～1750	1300($R_{p0.2}$)	6		25
11	55CrMnA	830～860	油	460～510	1225	1080($R_{p0.2}$)	9③		20
12	60CrMnA	830～860	油	460～520	1225	1080($R_{p0.2}$)	9③		20
13	50CrVA	850	油	500	1275	1130	10		40
14	60CrMnBA	830～860	油	460～520	1225	1080($R_{p0.2}$)	9③		20
15	30W4Cr2VA④	1050～1100	油	600	1470	1325	7		40

① 除规定热处理温度上下限外，表中热处理温度允许偏差为淬火：±20℃，回火，±50℃。根据需方特殊要求，回火可按±30℃进行。

② 28MnSiB 的力学性能见 GB/T 1222—2007 中表 B.2。

③ 其试样可采用下列试样中的一种，若按 GB/T 228 规定作拉伸试验时，所测断后伸长率值供参考。

试样一　标距为 50mm，平行长度 60mm，直径 14mm，肩部半径大于 15mm。

试样二　标距为 $4\sqrt{S_o}$（S_o 表示平行长度的原始横截面积，mm^2），平行长度 12 倍标距长度，肩部半径大于 15mm。

④ 30W4Cr2VA 除抗拉强度外，其他力学性能检验结果供参考，不作为交货依据。

表 7-21　弹簧钢的性能特点和用途

牌号	性能特点	用途举例
65 70	经热处理或冷作硬化后具有较高强度与弹性，冷变形塑性低，淬透性低，承受动载和疲劳载荷的能力低，一般采用油淬、大截面部件采用水淬油冷或正火处理	应用广泛，多用于工作温度不高、尺寸较小的弹簧，或不太重要的较大尺寸弹簧，如汽车、拖拉机、铁道车辆及一般机械用的弹簧等
85	具有很高的强度、硬度，但淬透性差，耐热性不好，承受动载和疲劳载荷的能力低	用于火车、汽车、拖拉机等扁形弹簧、圆形螺旋弹簧及一般机械用的弹簧等
65Mn	强度高，淬透性和综合力学性能较好，脱碳倾向小，但有过热敏感性及回火脆性，易出现淬火裂纹	用于尺寸稍大的普通弹簧，也可用作弹簧环、制动弹簧、发条、减振器和离合器簧片，以及用冷拔钢丝制造冷卷螺旋弹簧等
55Si2Mn 55Si2MnB	有较高的强度和弹性极限，较高的抗松弛能力，回火稳定性好，脱碳倾向大	用于高应力、交变载荷条件下工作的较大尺寸螺旋弹簧、减振板簧、碟形弹簧，还用于 250℃以下工作的耐热弹簧
55SiMnVB	有较高的淬透性，较高的综合力学性能，以及较高的疲劳寿命，过热敏感性小，抗回火稳定性好	主要用于中、小型汽车的板簧、也可制作其他中等截面尺寸的板簧、螺旋弹簧等
60Si2Mn 60Si2MnA	由于硅含量高，其强度和弹性极限均比 55Si2Mn 高，回火稳定性好，淬透性不高，易脱碳和石墨化	用途很广，主要用作汽车、机车、拖拉机的减振板簧、螺旋弹簧、气缸安全阀簧、止回阀簧，也用来制作承受交变载荷及高应力下工作的重要弹簧、抗磨损弹簧等

（续）

牌号	性能特点	用途举例
60Si2CrA 60Si2CrVA	与硅锰弹簧相比，当塑性相近时，具有较高的抗拉强度和屈服强度，淬透性较高，热处理工艺性能好，但有回火脆性；因强度高，卷制弹簧后应及时做消除内应力处理	用于250℃以下工作并承受高载荷的大型弹簧，如汽轮机汽封弹簧、调节弹簧等。60Si2CrVA 还用作极重要弹簧，如常规武器的取弹钩弹簧等
55CrMnA 60CrMnA	有较高的强韧性，淬透性好，热加工性能、抗脱碳性能好，过热敏感性比锰钢低而比硅锰钢高，对回火脆性较敏感，焊接性差	用作重载荷、高应力条件下工作的大型弹簧，如汽车、拖拉机、机车的大截面板簧，直径较大的螺旋弹簧等
60CrMnMoA	与60CrMnA 相比，基本性能相近，并提高了淬透性，降低了过热敏感性，回火稳定性亦好	用作大型土木建筑、重型车辆、机械等使用的特大型弹簧
50CrVA	有较高的强度、屈强比，较好的韧性，高的疲劳强度，并有高的淬透性和较低的过热敏感性，脱碳倾向减小，冷变形塑性低	用作极重要的承受高应力的各种尺寸螺旋弹簧，特别适宜用于工作应力振幅高、疲劳性能要求严格的弹簧，以及温度在300℃以下的阀门弹簧、喷油器弹簧、气缸胀圈等
60CrMnBA	基本性能与60CrMnA 相同，但淬透性明显提高	用作尺寸更大的板簧、螺旋弹簧、扭转弹簧等
30W4Cr2VA	有良好的室温和高温力学性能，强度高，淬透性好，高温抗松弛和热加工性能也很好	用于工作温度在500℃以下的耐热弹簧，如汽轮机主蒸汽阀弹簧、汽封弹簧片等

7.1.5.2 滚动轴承钢（摘自 GB/T 18254—2002）

轴承钢是针对滚动轴承的工作条件及性能要求而专门冶炼生产的一类工业用钢。它主要用于制造各种滚动轴承的套圈和滚动体（包括滚珠、滚柱、滚针等）。在高速运转的机械中，滚动轴承是必不可少的重要零件。在工作状态，滚动轴承承受着高而集中的周期性交变载荷；由于滚动体与内外套圈之间的接触面小，在高速度转动时两者产生部分滑动，从而产生极大的摩擦，导致零件的磨损而报废。在特殊条件下工作的轴承还应满足耐蚀、耐高温、耐低温、防磁等要求。因此，轴承钢必须具备的基本性能有：①高而均匀的耐磨性。②高的接触疲劳强度和弹性极限。③适当的冲击韧度和淬透性。④良好的尺寸稳定性和可加工性。⑤在空气中或润滑介质中具有一定的耐蚀性。

1. 铬轴承钢（表7-22）

表7-22 高碳铬轴承钢的应用（GB/T 18254—2002）

牌号	性能特点	用途举例
GCr4	低铬轴承钢，耐磨性比相同碳含量的碳钢高，冷加工塑性变形和可加工性尚好，有回火脆性倾向	用作一般载荷不大、形状简单的机械转动轴上的钢球和滚子
GCr9	耐磨性和淬透性较高，可加工性及冷应变塑性中等，白点形成较敏感，焊接性差，有回火脆性倾向，主要在淬火并低温回火状态使用	用于制造传动轴上尺寸较小的钢球和滚子，一般条件下工作的大套圈及滚动体，是一种应用广泛的轴承钢，用于机床、微型轴承及一般轴承，也可制作弹性、耐磨、接触疲劳强度要求都高的重要机械零件
GCr15	高弹铬轴承钢的代表钢种，综合性能良好，淬火与回火后具有高而均匀的硬度、良好的耐磨性和高的接触疲劳寿命，热加工变形性能和可加工性均好，但焊接性差，对白点形成较敏感，有回火脆性倾向	用于制造壁厚≤12mm、外径≤250mm 的各种轴承套圈，也用作尺寸范围较宽的滚动体，如钢球、圆锥滚子、球面滚子、滚针等；还用于制造模具、精密量具以及其他要求高耐磨性、高弹性极限和高接触疲劳强度的机械零件

（续）

牌号	性能特点	用途举例
GCr15SiMn	在 GCr15 的基础上适当增加硅、锰含量，其淬透性、弹性极限、耐磨性均有明显提高，冷加工塑性中等，可加工性稍差，焊接性不好，对白点形成较敏感，有回火脆性倾向	用于制造大尺寸的轴承套圈、钢球、圆锥滚子、圆柱滚子、球面滚子等，轴承零件的工作温度小于 180℃；还用于制造模具、量具、丝锥及其他要求硬度高且耐磨的零部件
GCr15SiMo	在 GCr15 的基础上提高硅含量，并添加钼而开发的新型轴承钢。综合性能良好，淬透性高，耐磨性好，接触疲劳寿命高，其他性能与 GCr15SiMn 相近	用于制造大尺寸的轴承套圈、滚珠、滚柱，还用于制造模具、精密量具以及其他要求硬度高且耐磨的零部件
GCr18Mo	在 GCr15 的基础上加入钼，并适当提高铬含量，从而提高钢的淬透性。其他性能与 GCr15 相近	用于制造各种轴承套圈，壁厚从不大于 16mm 增加到不大于 20mm，扩大了使用范围；其他用途和 GCr15 基本相同

2. 渗碳轴承钢（表 7-23）

表 7-23　渗碳轴承钢的特点及用途（GB/T 3203—1982）

牌号	性能特点	用途举例
G20CrMo	低合金渗碳钢，渗碳后表面硬度较高，耐磨性较好，而心部硬度低，韧性好，适于制作耐冲击载荷的轴承及零部件	常用作汽车、拖拉机的承受冲击载荷的滚子轴承，也用作汽车齿轮、活塞杆、螺栓等
G20CrNiMo	有良好的塑性、韧性和强度，渗碳或碳氮共渗后表面有相当高额硬度，耐磨性好，接触疲劳寿命明显优于 GCr15，而心部含碳量低，有足够的韧性承受冲击载荷	制造冲击载荷轴承的良好材料，用作承受冲击载荷的汽车轴承和中小型轴承，也用作汽车、拖拉机齿轮及牙轮钻头的牙爪和牙轮体
G20CrNi2Mo	渗碳后表面硬度高，耐磨性好，具有中等表面硬化性，心部韧性好，可耐冲击载荷，钢的冷热加工塑性较好，能加工成棒、板、带及无缝钢管	用于承受较高冲击载荷的滚子轴承，可用作汽车齿轮、活塞杆、万向节轴、圆头螺栓等
G10CrNi3Mo	渗碳后表面碳含量高，具有高硬度，耐磨性好，而心部碳含量低，韧性好，可耐冲击载荷	用于承受冲击载荷较高的大型滚子轴承，如轧钢机轴承等
G20Cr2Ni4A	常用的渗碳结构钢用于制作轴承。渗碳表面有相当高的硬度、耐磨性和接触疲劳强度，而心部韧性好，可耐强烈冲击载荷，焊接性中等，有回火脆性倾向，对白点形成较敏感	制作耐冲击载荷的大型轴承，如轧钢机轴承等，也用作其他大型渗碳件，如大型齿轮、轴等，还可用于制造要求强韧性高的调质件
G20Cr2Mn2MoA	渗碳后表面硬度高，而心部韧性好，可耐强烈冲击载荷。与 G20Cr2Ni4A 相比，渗碳速度快，渗碳层较易形成粗大碳化物，不易扩散消除	用于高冲击载荷条件下工作的特大型和大、中型轴承零件，以及轴、齿轮等

3. 不锈轴承钢（表 7-24）

表 7-24　不锈轴承钢的力学性能及应用（YB/T 096—2015）

牌号	热处理制度	R_m/MPa	$R_{p0.2}$/MPa	δ_5（%）	A（%）	KV/（J·cm^{-2}）	硬度 HBW
95Cr18	850℃退火	745	—	14	27.5	15.7	≤255
102Cr17Mo	1060℃淬火，150℃回火	—	—	—	—	—	61HRC

牌号	性能特点	用途举例
95Cr18 102Cr17Mo	高碳马氏体型不锈钢用于制造轴承，淬火后有较高的硬度和耐磨性，在大气、水及某些酸类和盐类的水溶液中具有优良的不锈与耐蚀性能	用于制造在海水、河水、蒸馏水，以及海洋性腐蚀介质中工作的轴承，工作温度可达 253 ~ 350℃；还可用做某些仪器、仪表上的微型轴承
1Cr18Ni9Ti	奥氏体型不锈钢用于制造轴承，具有优良的抗腐蚀性能，热加工和冷加工性能优良，焊接性很好，过热敏感性也低	用于制造耐腐蚀套圈、钢球及保持器等，还可用作防磁轴承，经渗氮处理后，可用于高温、高真空、低载荷、高转速条件下工作的轴承

7.1.6 工具钢

工具钢由一系列优质高级碳素钢和合金钢组成，通过热处理可达到高的强度、硬度和耐磨性，其中有些钢种还具有高的热强性和回火稳定性。由于工具钢具有这些优异的性能，所以，除了主要用于制造工具外，还可以用其制造机械零件。同时在实际生产应用中，采用其他钢种来制造工模具的现象也较为普遍。

7.1.6.1 碳素工具钢（表 7-25）

表 7-25 碳素工具钢的力学性能（GB/T 1299—2014）

序号	统一数字代号	牌号	退火交货状态的钢材硬度 HBW 不大于	试样淬火硬度		
				淬火温度/℃	冷却剂	洛氏硬度 HRC 不小于
1-1	T00070	T7	187	800～820	水	62
1-2	T00080	T8	187	780～800	水	62
1-3	T01080	T8Mn	187	780～800	水	62
1-4	T00090	T9	192	760～780	水	62
1-5	T00100	T10	197	760～780	水	62
1-6	T00110	T11	207	760～780	水	62
1-7	T00120	T12	207	760～780	水	62
1-8	T00130	T13	217	760～780	水	62

注：碳素工具钢退火后冷拉交货的布氏硬度不大于 241HBW。

7.1.6.2 合金工具钢（表 7-26）

表 7-26 合金工具钢的力学性能

序号	统一数字代号	牌号	退火交货状态的钢材硬度 HBW	试样淬火硬度		
				淬火温度/℃	淬火冷却介质	洛氏硬度 HRC
2-1	T31219	9SiCr	197～241①	820～860	油	62
2-2	T30108	8MnSi	≤229	800～820	油	60
2-3	T30200	Cr06	187～241	780～810	水	64
2-4	T31200	Cr2	179～229	830～860	油	62
2-5	T31209	9Cr2	179～217	820～850	油	62
2-6	T30800	W	187～229	800～830	水	62
3-1	T40294	4CrW2Si	179～217	860～900	油	53
3-2	T40295	5CrW2Si	207～255	860～900	油	55
3-3	T40296	6CrW2Si	229～285	860～900	油	57
3-4	T40356	6CrMnSi2Mo1V②	≤229	667℃±15℃预热，885℃（盐浴）或900℃（炉控气氛）±6℃加热，保温5～15min 油冷，58～204℃回火		58
3-5	T40355	5Cr3MnSiMo1V②	≤235	667℃±15℃预热，941℃（盐浴）或955℃（炉控气氛）±6℃加热，保温5～15min 油冷，56～204℃回火		56
3-6	T40376	6CrW2SiV	≤225	870～910	油	58
4-1	T42239	9Cr2V	≤229	830～900	空气	64
4-2	T42309	9Cr2Mo	≤229	830～900	空气	64
4-3	T42319	9Cr2MoV	≤229	880～900	空气	64

（续）

序号	统一数字代号	牌号	退火交货状态的钢材硬度 HBW	试样淬火硬度		
				淬火温度/℃	淬火冷却介质	洛氏硬度 HRC
4-4	T42518	8Cr3NiMoV	≤269	900～920	空气	64
4-5	T42519	9Cr5NiMoV	≤269	930～950	空气	64
5-1	T20019	9Mn2V	≤229	780～810	油	62
5-2	T20299	9CrWMn	197～241	800～830	油	62
5-3	T21290	CrWMn	207～255	800～830	油	62
5-4	T20250	MnCrWV	≤255	790～820	油	62
5-5	T21347	7CrMn2Mo	≤235	820～870	空气	61
5-6	T21355	5Cr8MoVSi	≤229	1000～1050	油	59
5-7	T21357	7CrSiMnMoV	≤235	870～900℃油冷或空冷，150℃±10℃回火空冷		60
5-8	T21350	Cr8Mo2SiV	≤255	1020～1040	油或空气	62
5-9	T21320	Cr4W2MoV	≤269	960～980 或 1020～1040	油	60
5-10	T21386	6Cr4W3Mo2VNb②	≤255	1100～1160	油	60
5-11	T21836	6W6Mo5Cr4V	≤269	1180～1200	油	60
5-12	T21830	W6Mo5Cr4V2*	≤255	730～840℃预热，1210～1230℃（盐浴或控制气氛）加热，保温 5～15min 油冷，540～560℃回火两次（盐浴或控制气氛），每次 2h		64（盐浴）63（炉控气氛）
5-13	T21209	Cr8	≤256	920～980	油	63
5-14	T21200	Cr12	217～269	950～1000	油	60
5-15	T21290	Cr12W	≤255	950～980	油	60
5-16	T21317	7Cr7Mo2V2Si	≤255	1100～1150	油或空气	60
5-17	T21318	Cr5Mo1V②	≤255	790℃±15℃预热，940℃（盐浴）或 950℃（炉控气氛）±6℃加热，保温 5～15min 油冷；200℃±6℃回火一次，2h		60
5-18	T21319	Cr12MoV	207～255	950～1000	油	58
5-19	T21310	Cr12Mo1V1③	≤255	820℃±15℃预热，1000℃（盐浴）±6℃或 1010℃（炉控气氛）±6℃加热，保温 10～20min 空冷，200℃±6℃回火一次，2h		59
6-1	T22345	5CrMnMo	197～241	820～850	油	④
6-2	T22505	5CrNiMo	197～241	830～860	油	④
6-3	T23504	4CrNi4Mo	≤285	840～870	油或空气	④
6-4	T23514	4Cr2NiMoV	≤220	910～960	油	④
6-5	T23515	5CrNi2MoV	≤255	850～880	油	④
6-6	T23535	5Cr2NiMoVSi	≤255	960～1010	油	④
6-7	T42208	8Cr3	207～255	850～880	油	④

（续）

序号	统一数字代号	牌号	退火交货状态的钢材硬度 HBW		试样淬火硬度		
					淬火温度/℃	淬火冷却介质	洛氏硬度 HRC
6-8	T23274	4Cr5W2VSi	≤229		1030～1050	油或空气	④
6-9	T23273	3Cr2W8V	≤255		1075～1125	油	④
6-10	T23352	4Cr5MoSiV②	≤229		790℃±15℃预热，1010℃（盐浴）或1020℃（炉控气氛）1020℃±6℃加热，保温5～15min油冷，550℃±6℃回火两次回火，每次2h		④
6-11	T23353	4Cr5MoSiV1②	≤229		790℃±15℃预热，1000℃（盐浴）或1010℃（炉控气氛）±6℃加热，保温5～15min油冷，550℃±6℃回火两次回火，每次2h		④
6-12	T23354	4Cr3Mo3SiV②	≤229		790℃±15℃预热，1010℃（盐浴）或1020℃（炉控气氛）1020℃±6℃加热，保温5～15min油冷，550℃±6℃回火两次回火，每次2h		④
6-13	T23355	5Cr4Mo3SiMnVA1	≤255		1090～1120	④	④
6-14	T23364	4CrMnSiMoV	≤255		870～930	油	④
6-15	T23375	5Cr5WMoSi	≤248		990～1020	油	④
6-16	T23324	4Cr5MoWVSi	≤235		1000～1030	油或空气	④
6-17	T23323	3Cr3Mo3W2V	≤255		1060～1130	油	④
6-18	T23325	5Cr4W5Mo2V	≤269		1100～1150	油	④
6-19	T23314	4Cr5Mo2V	≤220		1000～1030	油	④
6-20	T23313	3Cr3Mo3V	≤229		1010～1050	油	④
6-21	T23314	4Cr5Mo3V	≤229		1000～1030	油或空气	④
6-22	T23393	3Cr3Mo3VCo3	≤229		1000～1050	油	④
7-1	T10450	SM45	热轧交货状态硬度155～215		—	—	—
7-2	T10500	SM50	热轧交货状态硬度165～225		—	—	—
7-3	T10550	SM55	热轧交货状态硬度170～230		—	—	—
7-4	T25303	3Cr2Mo	235	28～36	850～880	油	52
7-5	T25553	3Cr2MnNiMo	235	30～36	830～870	油或空气	48
7-6	T25344	4Cr2Mn1MoS	235	28～36	830～870	油	51
7-7	T25378	8Cr2MnWMoVS	235	40～48	860～900	空气	62
7-8	T25515	5CrNiMnMoVSCa	255	35～45	860～920	油	62
7-9	T25512	2CrNiMoMnV	235	30～38	850～930	油或空气	48
7-10	T25572	2CrNi3MoAl	—	38～43	—	—	—
7-11	T25611	1Ni3MnCuMoAl	—	38～42	—	—	—
7-12	A64060	06Ni6CrMoVTiAl	255	43～48	850～880℃固溶，油或空气冷500～540℃时效，空冷		实测
7-13	A64000	00Ni18Co8Mo5TiAl	协议	协议	805～825℃固溶，空冷460～530℃时效，空冷		协议
7-14	S42023	20Cr13	220	30～36	1000～1050	油	45
7-15	S42043	40Cr13	235	30～36	1050～1100	油	50
7-16	T25444	4Cr13NiVSi	235	30～36	1000～1030	油	50
7-17	T25402	2Cr17Ni2	285	28～32	1000～1050	油	49
7-18	T25303	3Cr17Mo	285	33～38	1000～1040	油	46

（续）

序号	统一数字代号	牌号	退火交货状态的钢材硬度 HBW		试样淬火硬度		
					淬火温度/℃	淬火冷却介质	洛氏硬度 HRC
7-19	T25513	3Cr17NiMoV	285	33～38	1030～1070	油	50
7-20	S44093	95Cr18	255	协议	1000～1050	油	55
7-21	S46993	90Cr18MoV	269	协议	1050～1075	油	55
8-1	T26377	7Mn15Cr2Al3V2WMo	—		1170～1190℃固溶，水冷 650～700℃时效，空冷		45
8-2	S31049	20Cr25Ni20Si2	—		1040～1150℃固溶，水或空冷		④
8-3	S51740	05Cr17Ni4Cu4Nb	协议		1020～1060℃固溶，空冷 470～630℃时效，空冷		④
8-4	H21231	Ni25Cr15Ti2MoMn	≤300		950～980℃固溶，水或空冷 720＋620℃时效，空冷		④
8-5	H07718	Ni53Cr19Mo3TiNb	≤300		980～1000℃固溶，水、油或空冷 710～730℃时效，空冷		④

注：保温时间指试样达到加热温度后保持的时间。

① 根据需方要求，并在合同中注明，制造螺纹刃具用钢为 187～229HBW。

② 试样在盐浴中保持时间为 5min，在炉控气氛中保持时间为 5～15min。

③ 试样在盐浴中保持时间为 10min，在炉控气氛中保持时间为 10～20min。

④ 根据需方要求，并在合同中注明，可提供实测值。

表 7-27　不锈钢的特性和用途（GB/T 1220—2007）

GB/T 20878 中序号	统一数字代号	新牌号	旧牌号	特性与用途
奥氏体型				
1	S35350	12Cr17Mn6Ni5N	1Cr17Mn6Ni5N	节镍钢，性能与 12Cr17Ni7（1Cr17Ni7）相近，可代替 12Cr17Ni7（1Cr17Ni7）使用。在固溶态无磁，冷加工后具有轻微磁性。主要用于制造旅馆装备、厨房用具、水池、交通工具等
3	S35450	12Cr18Mn9Ni5N	1Cr18Mn8Ni5N	节镍钢，是 Cr-Mn-Ni-N 型最典型、发展比较完善的钢。在 800℃以下具有很好的抗氧化性，且保持较高的强度，可代替 12Cr18Ni9（1Cr18Ni9）使用。主要用于制作 800℃以下经受弱介质腐蚀和承受负荷的零件，如炊具、餐具等
9	S30110	12Cr17Ni7	1Cr17Ni7	亚稳定奥氏体不锈钢，是最易冷变形强化的钢。经冷加工有高的强度和硬度，并仍保留足够的塑韧性，在大气条件下具有较好的耐蚀性。主要用于以冷加工状态承受较高负荷，又希望减轻装备重量和不生锈的设备和部件，如铁道车辆，装饰板、传送带、紧固件等
13	S30210	12Cr18Ni9	1Cr18Ni9	历史最悠久的奥氏体不锈钢，在固溶态具有良好的塑性、韧性和冷加工性，在氧化性酸和大气、水、蒸汽等介质中耐蚀性也好。经冷加工有高的强度，但断后伸长率比 12Cr17Ni7（1Cr17Ni7）稍差。主要用于对耐蚀性和强度要求不高的结构件和焊接件，如建筑物外表装饰材料；也可用于无磁部件和低温装置的部件。但在敏化态或焊后，具有晶间腐蚀倾向，不宜用作焊接结构材料

（续）

GB/T 20878 中序号	统一数字代号	新牌号	旧牌号	特性与用途
奥氏体型				
15	S30317	Y12Cr18Ni9	Y1Cr18Ni9	12Cr18Ni9（1Cr18Ni9）改进切削性能钢。最适用于快速切削（如自动车床）制作辊、轴、螺栓、螺母等
16	S30327	Y12Cr18Ni9Se	Y1Cr18Ni9Se	除调整12Cr18Ni9（1Cr18Ni9）钢的磷、硫含量外，还加入硒，提高12Cr18Ni9（1Cr18Ni9）钢的可加工性。用于小切削量，也适用于热加工或冷顶锻，如螺钉、铆钉等
17	S30408	06Cr19Ni10	0Cr18Ni9	在12Cr18Ni9（1Cr18Ni9）钢基础上发展演变的钢，性能类似于12Cr18Ni9（1Cr18Ni9）钢，但耐蚀性优于12Cr18Ni9（1Cr18Ni9）钢，可用作薄截面尺寸的焊接件，是应用量最大、使用范围最广的不锈钢。适用于制造深冲成型部件和输酸管道、容器、结构件等，也可以制造无磁、低温设备和部件
18	S30403	022Cr19Ni10	00Cr19Ni10	为解决因 $Cr_{23}C_6$ 析出致使06Cr19Ni10（0Cr18Ni9）钢在一些条件下存在严重的晶间腐蚀倾向而发展的超低碳奥氏体不锈钢，其敏化态耐晶间腐蚀能力显著优于06Cr18Ni9（0Cr18Ni9）钢。除强度稍低外，其他性能同06Cr18Ni9Ti（0Cr18Ni9Ti）钢，主要用于需焊接且焊接后又不能进行固溶处理的耐蚀设备和部件
22	S30488	06Cr18Ni9Cu3	0Cr18Ni9Cu3	在06Cr19Ni10（0Cr18Ni9）基础上为改进其冷成形性能而发展的不锈钢。铜的加入，使钢的冷作硬化倾向小，冷作硬化率降低，可以在较小的成形力下获得最大的冷变形。主要用于制作冷镦紧固件、深拉等冷成形的部件
23	S30458	06Cr19Ni10N	0Cr19Ni9N	在06Cr19Ni10（0Cr18Ni9）钢基础上添加氮，不仅防止塑性降低，而且提高钢的强度和加工硬化倾向，改善钢的耐点蚀、晶腐性、使材料的厚度减少。用于有一定耐腐性要求，并要求较高强度和减轻重量的设备或结构部件
24	S30478	06Cr19Ni9NbN	0Cr19Ni10NbN	在06Cr19Ni10（0Cr18Ni9）钢基础上添加氮和铌，提高钢的耐点蚀和晶间腐蚀性能，具有与06Cr19Ni10N（0Cr19Ni9N）钢相同的特性和用途
25	S30453	022Cr19Ni10N	00Cr18Ni10N	06Cr19Ni10N（0Cr19Ni9N）的超低碳钢，因06Cr19Ni10N（0Cr19Ni9N）钢在450～900℃加热后耐晶间腐蚀性能明显下降，因此对于焊接设备构件，推荐用022Cr19Ni10N（00Cr18Ni10N）钢
26	S30510	10Cr18Ni12	1Cr18Ni12	在12Cr18Ni9（1Cr18Ni9）钢基础上。通过提高钢中镍含量而发展起来的不锈钢。加工硬化性比12Cr18Ni9（1Cr18Ni9）钢低。适宜用于旋压加工、特殊拉拔，如作冷镦钢用等
32	S30908	06Cr23Ni13	0Cr23Ni13	高铬镍奥氏体不锈钢，耐蚀性比06Cr19Ni10（0Cr18Ni9）钢好，但实际上多作为耐热钢使用
35	S31008	06Cr25Ni20	0Cr25Ni20	高铬镍奥氏体不锈钢，在氧化性介质中具有优良的耐蚀性，同时具有良好的高温力学性能，抗氧化性比06Cr23Ni13（0Cr23Ni13）钢好，耐点蚀和耐应力腐蚀能力优于18-8型不锈钢，既可用于耐蚀部件又可作为耐热钢使用

（续）

GB/T 20878 中序号	统一数字代号	新牌号	旧牌号	特性与用途
奥氏体型				
38	S31608	06Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	在 10Cr18Ni12（1Cr18Ni12）钢基础上加入钼，使钢具有良好的耐还原性介质和耐点腐蚀能力。在海水和其他各种介质中，耐腐蚀性优于 06Cr19Ni10（0Cr18Ni9）钢。主要用于耐点蚀材料
39	S31603	022Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	06Cr17Ni12Mo2（0Cr17Ni12Mo2）的超低碳钢，具有良好的耐敏化态晶间腐蚀的性能。适用于制造厚截面尺寸的焊接部件和设备，如石油化工、化肥、造纸、印染及核能工业用设备的耐蚀材料
41	S31668	06Cr17Ni12Mo2Ti	0Cr18Ni12Mo3Ti	为解决 06Cr17Ni12Mo2（0Cr17Ni12Mo2）钢的晶间腐蚀而发展起来的钢种，有良好的耐晶间腐蚀性，其他性能与 06Cr17Ni12Mo2（0Cr17Ni12Mo2）钢相近。适合于制造焊接部件
43	S31658	06Cr17Ni12Mo2N	0Cr17Ni12Mo2N	在 06Cr17Ni12Mo2（0Cr17Ni12Mo2）中加入氮，提高强度，同时又不降低塑性，使材料的使用厚度减薄。用于耐蚀性好的高强度部件
44	S31653	022Cr17Ni12Mo2N	00Cr17Ni13Mo2N	在 022Cr17Ni12Mo2（00Cr17Ni14Mo2）钢中加入氮，具有与 022Cr17Ni12Mo2（00Cr17Ni14Mo2）钢同样特性，用途与 06Cr17Ni12Mo2N（0Cr17Ni12Mo2N）相同，但耐晶间腐蚀性能更好。主要用于化肥，造纸、制药、高压设备等领域
45	S31688	06Cr18Ni12Mo2Cu2	0Cr18Ni12Mo2Cu2	在 06Cr17Ni12Mo2（0Cr17Ni12Mo2）钢基础上加入约 2% Cu，其耐蚀性、耐点蚀性好。主要用于制作耐硫酸材料，也可用作焊接结构件和管道、容器等
46	S31683	022Cr18Ni14Mo2Cu2	00Cr18Ni14Mo2Cu2	06Cr18Ni12Mo2Cu2（0Cr18Ni12Mo2Cu2）的超低碳钢。比 06Cr18Ni12Mo2Cu2（0Cr18Ni12Mo2Cu2）钢的耐晶间腐蚀性能好。用途同 06Cr18Ni12Mo2Cu2（0Cr18Ni12Mo2Cu2）钢
49	S31708	06Cr19Ni13Mo3	0Cr19Ni13Mo3	耐点蚀和抗蠕变能力优于 06Cr17Ni12Mo2（0Cr17Ni12Mo2），用于制作造纸、印染设备，石油化工及耐有机酸腐蚀的装备等
50	S31703	022Cr19Ni13Mo3	00Cr19Ni13Mo3	06Cr19Ni13Mo3（0Cr19Ni13Mo3）的超低碳钢，比 06Cr19Ni13Mo3（0Cr19Ni13Mo3）钢耐晶间腐蚀性能好，在焊接整体件时抑制析出碳。用途与 06Cr19Ni13Mo3（0Cr19Ni13Mo3）钢相同
52	S31794	03Cr18Ni16Mo5	0Cr18Ni16Mo5	耐点蚀性能优于 022Cr17Ni12Mo2（00Cr17Ni14Mo2）和 06Cr17Ni12Mo2Ti（0Cr18Ni12Mo3Ti）的一种高钼不锈钢，在硫酸、甲酸、醋酸等介质中的耐蚀性要比一般含 2% ~4% Mo 的常用 Cr-Ni 钢更好。主要用于处理含氯离子溶液的换热器、醋酸设备、磷酸设备、漂白装置等，以及 022Cr17Ni12Mo2（00Cr17Ni14Mo2）和 06Cr17Ni12Mo2Ti（0Cr18Ni12Mo3Ti）钢不适用环境中使用
55	S32168	06Cr18Ni11Ti	0Cr18Ni10Ti	钛稳定化的奥氏体不锈钢，添加钛提高耐晶间腐蚀性能，并具有良好的高温力学性能。可用超低碳奥氏体不锈钢代替。除专用（高温或抗氢腐蚀）外，一般情况不推荐使用

（续）

GB/T 20878 中序号	统一数字代号	新牌号	旧牌号	特性与用途
奥氏体型				
62	S34778	06Cr18Ni11Nb	0Cr18Ni11Nb	铌稳定化的奥氏体不锈钢，添加铌提高耐晶间腐蚀性能，在酸、碱、盐等腐蚀介质中的耐蚀性同06Cr18Ni11Ti（0Cr18Ni10Ti），焊接性良好。既可作耐蚀材料又可作耐热钢使用，主要用于火电厂、石油化工等领域，如制作容器、管道、换热器、轴类等；也可作为焊接材料使用
64	S38118	06Cr18Ni13Si4	0Cr18Ni13Si4	在06Cr19Ni10（0Cr18Ni9）中增加镍，添加硅、提高耐应力腐蚀断裂性能。用于含氯离子环境，如汽车排气净化装置等
奥氏体-铁素体型				
67	S21860	14Cr18Ni11Si4AlTi	1Cr18Ni11Si4AlTi	含硅使钢的强度和耐浓硝酸腐蚀性能提高，可用于制作抗高温、浓硝酸介质的零件和设备，如排酸阀门等
68	S21953	022Cr19Ni5Mo3Si2N	00Cr18Ni5Mo3Si2	在瑞典3RE60钢基础上，加入0.05%N～0.10%N形成的一种耐氯化物应力腐蚀的专用不锈钢。耐点蚀性能与022Cr17Ni12Mo2（00Cr17Ni14Mo2）相当。适用于含氯离子的环境，用于炼油、化肥、造纸、石油、化工等工业制造换热器、冷凝器等。也可代替022Cr19Ni10（00Cr19Ni10）和022Cr17Ni12Mo2（00Cr17Ni14Mo2）钢在易发生应力腐蚀破坏的环境下使用
70	S22253	022Cr22Ni5Mo3N		在瑞典SAF2205钢基础上研制的，是目前世界上双相不锈钢中应用最普遍的钢。对含硫化氢、二氧化碳、氯化物的环境具有阻抗性，可进行冷、热加工及成形，焊接性良好，适用于作结构材料，用来代替022Cr19Ni10（00Cr19Ni10）和022Cr17Ni12Mo2（00Cr17Ni14Mo2）奥氏体不锈钢使用。用于制作油井管，化工储罐，换热器、冷凝冷却器等易产生点蚀和应力腐蚀的受压设备
71	S22053	022Cr23Ni5Mo3N		从022Cr22Ni5Mo3N基础上派生出来的，具有更窄的区间。特性和用途同022Cr22Ni5Mo3N
73	S22553	022Cr25Ni6Mo2N		在0Cr26Ni5Mo2钢基础上调高钼含量、调低碳含量、添加氮，具有高强度、耐氯化物应力腐蚀、可焊接等特点，是耐点蚀最好的钢。代替0Cr26Ni5Mo2钢使用。主要应用于化工、化肥、石油化工等工业领域，主要制作换热器、蒸发器等
75	S25554	03Cr25Ni6Mo3Cu2N		在英国Ferralium alloy 255合金基础上研制的，具有良好的力学性能和耐局部腐蚀性能，尤其是耐磨损性能优于一般的奥氏体不锈钢，是海水环境中的理想材料。适用作舰船用的螺旋推进器、轴、潜艇密封件等，也适用于在化工、石油化工、天然气、纸浆、造纸等领域应用
铁素体型				
78	S11348	06Cr13Al	0Cr13Al	低铬纯铁素体不锈钢，非淬硬性钢。具有相当于低铬钢的不锈性和抗氧化性，塑性、韧性和冷成形性优于铬含量更高的其他铁素体不锈钢。主要用于12Cr13（1Cr13）或10Cr17（1Cr17）由于空气可淬硬而不适用的地方，如石油精制装置、压力容器衬里，蒸汽透平叶片和复合钢板等

（续）

GB/T 20878 中序号	统一数字代号	新牌号	旧牌号	特性与用途
铁素体型				
83	S11203	022Cr12	00Cr12	比 022Cr13（0Cr13）碳含量低，焊接部位弯曲性能、加工性能、耐高温氧化性能好。作汽车排气处理装置，锅炉燃烧室、喷嘴等
85	S11710	10Cr17	1Cr17	具有耐蚀性、力学性能和热导率高的特点，在大气、水蒸气等介质中具有不锈性，但当介质中含有较高氯离子时，不锈性则不足。主要用于生产硝酸、硝铵的化工设 备，如吸收塔、换热器、贮槽等；薄板主要用于建筑内装饰、日用办公设备、厨房器具、汽车装饰、气体燃烧器等。由于它的脆性转变温度在室温以上，且对缺口敏感，不适用制作室温以下的承受载荷的设备和部件，且通常使用的钢材其截面尺寸一般不允许超过 4mm
86	S11717	Y10Cr17	Y1Cr17	10Cr17（1Cr17）改进的易切削钢。主要用于大切削量自动车床机加零件，如螺栓，螺母等
88	S11790	10Cr17Mo	1Cr17Mo	在 10Cr17（1Cr17）钢中加入钼，提高钢的耐点蚀、耐缝隙腐蚀性及强度等，比 10Cr17（1Cr17）钢抗盐溶液性强。主要用作汽车轮毂、紧固件以及汽车外装饰材料使用
94	S12791	008Cr27Mo	00Cr27Mo	高纯铁素体不锈钢中发展最早的钢，性能类似于 008Cr30Mo2（00Cr30Mo2）。适用于既要求耐蚀性又要求软磁性的用途
95	S13091	008Cr30Mo2	00Cr30Mo2	高纯铁素体不锈钢。脆性转变温度低，耐卤离子应力腐蚀破坏性好，耐蚀性与纯镍相当，并具有良好的韧性，加工成形性和焊接性，主要用于化学加工工业（醋酸、乳酸等有机酸，苛性钠浓缩工程）成套设备，食品工业、石油精炼工业，电力工业，水处理和污染控制等用热交换器、压力容器、罐和其他设备等
马氏体型				
96	S40310	12Cr12	1Cr12	作为汽轮机叶片及高应力部件之良好的不锈耐热钢
97	S41008	06Cr13	0Cr13	做较高韧性及受冲击负荷的零件，如汽轮机叶片、结构架、衬里、螺栓、螺母等
98	S41010	12Cr13	1Cr13	半马氏体型不锈钢，经淬火回火处理后具有较高的强度、韧性，良好的耐蚀性和可加工性。主要用于韧性要求较高且具有不锈性的受冲击载荷的部件，如刃具、叶片、紧固件、水压机阀、热裂解抗硫腐蚀设备等；也可制作在常温条件耐弱腐蚀介质的设备和部件
100	S41617	Y12Cr13	Y1Cr13	不锈钢中可加工性最好的钢，自动车床用
101	S42020	20Cr13	2Cr13	马氏体型不锈钢，其主要性能类似于 12Cr13（1Cr13）。由于碳含量较高，其强度、硬度高于 12Cr13（1Cr13），而韧性和耐蚀性略低。主要用于制造承受高应力负荷的零件，如汽轮机叶片、热油泵、轴和轴套、叶轮、水压机阀片等，也可用于造纸工业和医疗器械以及日用消费领域的刀具，餐具等

（续）

GB/T 20878 中序号	统一数字代号	新牌号	旧牌号	特性与用途
马氏体型				
102	S42030	30Cr13	3Cr13	马氏体型不锈钢，较 12Cr13（1Cr13）和 20Cr13（2Cr13）钢具有更高的强度、硬度和更好的淬透性，在室温的稀硝酸和弱的有机酸中具有一定的耐蚀性，但不及 12Cr13（1Cr13）和 20Cr13（2Cr13）钢。主要用于高强度部件，以及在承受高应力载荷并在一定腐蚀介质条件下的磨损件，可加工性如 300℃以下工作的刀具、弹簧，400℃以下工作的轴、螺栓、阀门、轴承等
103	S42037	Y30Cr13	Y3Cr13	改善 30Cr13（3Cr13）切削性能的钢。用途与 30Cr13（3Cr13）相似，有更好的可加工性
104	S42040	40Cr13	4Cr13	特性与用途类似于 30Cr13（3Cr13）钢，其强度、硬度高于 30Cr13（3Cr13）钢，而韧性和耐蚀性略低。主要用于制造外科医疗用具、轴承、阀门、弹簧等。40Cr13（4Cr13）钢焊接性差，通常不制造焊接部件
106	S43110	14Cr17Ni2	1Cr17Ni2	热处理后具有较高的力学性能，耐蚀性优于 12Cr13（1Cr13）和 10Cr17（1Cr17）。一般用于既要求高力学性能的可淬硬性，又要求耐硝酸、有机酸腐蚀的轴类、活塞杆、泵、阀等零部件以及弹簧和紧固件
107	S43120	17Cr16Ni2		可加工性能比 14Cr17Ni2（1Cr17Ni2）明显改善，适用于制作要求较高强度、韧性、塑性和良好的耐蚀性的零部件及在潮湿介质中工作的承力件
108	S44070	68Cr17	7Cr17	高铬马氏体型不锈钢，比 20Cr13（2Cr13）有较高的淬火硬度。在淬火回火状态下，具有高强度和硬度，并兼有不锈、耐蚀性能。一般用于制造要求具有不锈性或耐稀氧化性酸、有机酸和盐类腐蚀的刀具、量具、轴类、杆件、阀门、钩件等耐磨蚀的部件
109	S44080	85Cr17	8Cr17	可淬硬性不锈钢。性能与用途类似于 68Cr17（7Cr17），但硬化状态下，比 68Cr17（7Cr17）硬，而比 108Cr17（11Cr17）韧性高。如刃具、阀座等
110	S44096	108Cr17	11Cr17	在可淬硬性不锈钢，不锈钢中硬度最高。性能与用途类似于 68Cr17（7Cr17）。主要用于制作喷嘴、轴承等
111	S44097	Y108Cr17	Y11Cr17	108Cr17（11Cr17）改进的易切削性钢种。自动车床用
112	S44090	95Cr18	9Cr18	高碳马氏体不锈钢。较 Cr17 型马氏体型不锈钢耐蚀性有所改善，其他性能与 Cr17 型马氏体型不锈钢相似。主要用于制造耐蚀高强度耐磨损部件，如轴、泵、阀件、杆类、弹簧、紧固件等。由于钢中极易形成不均匀的碳化物而影响钢的质量和性能。需在生产时予以注意
115	S45710	13Cr13Mo	1Cr13Mo	比 12Cr13（1Cr13）钢耐蚀性高的高强度钢，用于制作汽轮机叶片，高温部件等
116	S45830	32Cr13Mo	3Cr13Mo	在 30Cr13（3Cr13）钢基础上加入钼，改善了钢的强度和硬度，并增强了二次硬化效应，且耐蚀性优于 30Cr13（3Cr13）钢。主要用途同 30Cr13（3Cr13）钢

（续）

GB/T 20878 中序号	统一数字代号	新牌号	旧牌号	特性与用途
马氏体型				
117	S45990	102Cr17Mo	9Cr18Mo	性能与用途类似于 95Cr18（9Cr18）钢。由于钢中加入了钼和钒，加强性和回火稳定性均优于 95Cr18（9Cr18）钢。主要用来制造承受摩擦并在腐蚀介质中工作的零件。如量具、刃具等
118	S16990	90Cr18MoV	9Cr18MoV	
沉淀硬化型				
136	S51550	05Cr15Ni5Cu1Nb		在 05Cr17Ni4Cu4Nb（0Cr17NiCu4Nb）钢基础上发展的马氏体沉淀硬化不锈钢，除高强度外，还具有高的横向韧性和良好的可锻性，耐蚀性与 05Cr17Ni4Cu1Nb（0Cr17Ni1Cu1Nb）钢相当。主要应用于具有高强度、良好韧性，又要求有优良耐蚀性的服役环境，如高强度锻件、高压系统阀门部件、飞机部件等
137	S51740	05Cr17Ni4Cu4Nb	0Cr17Ni4Cu4Nb	添加铜和铌的马氏体沉淀硬化不锈钢，强度可通过改变热处理工艺予以调整，耐蚀性优于 Cr13 型及 95Cr18（9Cr18）和 11Cr17Ni2（1Cr17Ni2）钢，抗腐蚀疲劳及抗水滴冲蚀能力优于 12% Cr 马氏体型不锈钢，焊接工艺简便，易于加工制造，但较难进行深度冷成形，主要用于既要求具有不锈性又要求耐弱酸、碱、盐腐蚀的高强度部件，如汽轮机末级动叶片以及在腐蚀环境下，工作温度低于 300℃的结构件
138	S51770	07Cr17Ni7Al	0Cr17Ni7Al	添加铝的半奥氏体沉淀硬化不锈钢，成分接近 18-8 型奥氏体不锈钢，具有良好的冶金和制造加工工艺性能。可用于 350℃以下长期工作的结构件、容器、管道、弹簧、垫圈、计器部件。该钢热处理工艺复杂，在全世界范围内有被马氏体时效钢取代的趋势，但目前仍具有广泛应用的领域
139	S51570	07Cr15Ni7Mo2Al	0Cr15Ni7Mo2Al	以 2% Mo 取代 07Cr17Ni7Al（0Cr17Ni7Al）钢中 2% Cr 的半奥氏体沉淀硬化不锈钢，使之耐还原性介质腐蚀能力有所改善，综合性能优于 07Cr17Ni7Al（0Cr17Ni7Al）。用于宇航、石油化工和能源等领域有一定耐蚀要求的高强度容器、零件及结构件

7.1.7　钢的型材、板材、管材和线材

7.1.7.1　圆钢、方钢、六角钢及八角钢

1. 圆钢和方钢

热轧圆钢和方钢的截面形状如图 7-1 所示，其尺寸和重量见表 7-28。

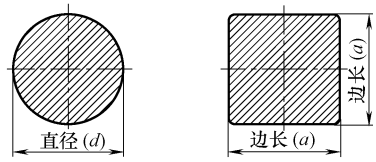


图 7-1　热轧圆钢和方钢的截面形状

表 7-28 热轧圆钢和方钢的尺寸及理论重量（GB/T 702—2008）

圆钢公称直径 d 方钢公称边长 a/mm	理论质量/(kg/m)		圆钢公称直径 d 方钢公称边长 a/mm	理论质量/(kg/m)	
	圆钢	方钢		圆钢	方钢
5.5	0.186	0.237	56	19.3	24.6
6	0.222	0.283	58	20.7	26.4
6.5	0.260	0.332	60	22.2	28.3
7	0.302	0.385	63	24.5	31.2
8	0.395	0.502	65	26.0	33.2
9	0.499	0.636	68	28.5	36.3
10	0.617	0.785	70	30.2	38.5
11	0.746	0.950	75	34.7	44.2
12	0.888	1.13	80	39.5	50.2
13	1.04	1.33	85	44.5	56.7
14	1.21	1.54	90	49.9	63.6
15	1.39	1.77	95	55.6	70.8
16	1.58	2.01	100	61.7	78.5
17	1.78	2.27	105	68.0	86.5
18	2.00	2.54	110	74.6	95.0
19	2.23	2.83	115	81.5	104
20	2.47	3.14	120	88.8	113
21	2.72	3.46	125	96.3	123
22	2.98	3.80	130	104	133
23	3.26	4.15	135	112	143
24	3.55	4.52	140	121	154
25	3.85	4.91	145	130	165
26	4.17	5.31	150	139	177
27	4.49	5.72	155	148	189
28	4.83	6.15	160	158	201
29	5.18	6.60	165	168	214
30	5.55	7.06	170	178	227
31	5.92	7.54	180	200	254
32	6.31	8.04	190	223	283
33	6.71	8.55	200	247	314
34	7.13	9.07	210	272	
35	7.55	9.62	220	298	
36	7.99	10.2	230	326	
38	8.90	11.3	240	355	
40	9.86	12.6	250	385	
42	10.9	13.8	260	417	
45	12.5	15.9	270	449	
48	14.2	18.1	280	483	
50	15.4	19.6	290	518	
53	17.3	22.0	300	555	
55	18.6	23.7	310	592	

注：表中钢的理论质量是按密度为 7.85g/cm^3 计算。

2. 六角钢和八角钢（GB/T 702—2008）

六角钢和八角钢的截面形状如图 7-2 所示，其尺寸和重量见表 7-29。

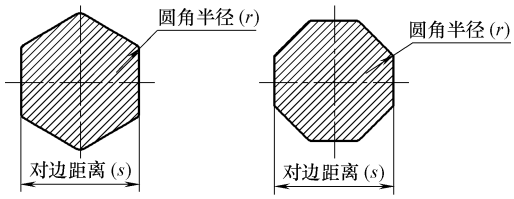


图 7-2　热轧六角钢和八角钢的截面形状

表 7-29　热轧六角钢和八角钢的尺寸及理论重量（GB/T 702—2008）

对边距离 s/mm	截面面积 A/cm^2		理论质量/(kg/m)	
	六角钢	八角钢	六角钢	八角钢
8	0. 5543	—	0. 435	—
9	0. 7015	—	0. 551	—
10	0. 866	—	0. 680	—
11	1. 048	—	0. 823	—
12	1. 247	—	0. 979	—
13	1. 464	—	1. 05	—
14	1. 697	—	1. 33	—
15	1. 949	—	1. 53	—
16	2. 217	2. 120	1. 74	1. 66
17	2. 503	—	1. 96	—
18	2. 806	2. 683	2. 20	2. 16
19	3. 126	—	2. 45	—
20	3. 464	3. 312	2. 72	2. 60
21	3. 819	—	3. 00	—
22	4. 192	4. 008	3. 29	3. 15
23	4. 581	—	3. 60	—
24	4. 988	—	3. 92	—
25	5. 413	5. 175	4. 25	4. 06
26	5. 854	—	4. 60	—
27	6. 314	—	4. 96	—
28	6. 790	6. 492	5. 33	5. 10
30	7. 794	7. 458	6. 12	5. 85
32	8. 868	8. 479	6. 96	6. 66
34	10. 011	9. 572	7. 86	7. 51
36	11. 223	10. 731	8. 81	8. 42
38	12. 505	11. 956	9. 82	9. 39
40	13. 86	13. 250	10. 88	10. 40
42	15. 28	—	11. 99	—
45	17. 54	—	13. 77	—
48	19. 95	—	15. 66	—
50	21. 65	—	17. 00	—
53	24. 33	—	19. 10	—
56	27. 16	—	21. 32	—
58	29. 13	—	22. 87	—
60	31. 18	—	24. 50	—
63	34. 37	—	26. 98	—
65	36. 59	—	28. 72	—
68	40. 04	—	31. 43	—
70	42. 43	—	33. 30	—

注：表中的理论质量按密度 7. 85g/cm^3 计算。

表中截面面积（A）计算公式：$A=\frac{1}{4}ns^2\tan\frac{\varphi}{2}\times\frac{1}{100}$

六角形：$A=\frac{3}{2}s^2\tan30^\circ\times\frac{1}{100}\approx0.866s^2\times\frac{1}{100}$

八角形：$A=2s^2\tan22^\circ30'\times\frac{1}{100}\approx0.828s^2\times\frac{1}{100}$

式中：n——正 n 边形边数；

φ——正 n 边形圆内角：$\varphi=360/n$。

3. 钢板和钢带（GB/T 708—2006）

（1）尺寸范围

按 GB/T 708—2006 规定：钢板和钢带的尺寸范围如下：

钢板和钢带（包括纵切钢带）的公称厚度 0.20～3.50mm

钢板和钢带的公称宽度 600～2050mm

钢板的公称长度 1000～6000mm

（2）钢板和钢带推荐的公称尺寸

1）钢板和钢带（包括纵切钢带）的公称厚度在（1）所规定的范围内，公称厚度小于 1mm 的钢板和钢带可取以 0.05mm 为单位变化的任何尺寸；公称厚度不小于 1mm 的钢板可取以 0.1mm 为单位变化的任何尺寸。

2）钢板和钢带（包括纵切钢带）的公称宽度在（1）所规定的范围内，按 10mm 变化的任何尺寸。

3）钢板的公称长度在（1）所规定的范围内，按 50mm 倍数变化的任何尺寸。

4）根据需方要求，经供需双方协商，可以供应其他尺寸的钢板和钢带。

（3）尺寸允许偏差

1）钢板和钢带厚度允许偏差应符合表 7-30 的规定。

表 7-30　钢板和钢带的厚度允许偏差（摘自 GB/T 708—2006）　　（mm）

公称厚度	厚度允许偏差①					
	普通精度　PT. A			较高精度　PT. B		
	公称宽度			公称宽度		
	≤1200	>1200～1500	>1500	≤1200	>1200～1500	>1500
≤0.40	±0.04	±0.05	±0.06	±0.025	±0.035	±0.045
>0.40～0.60	±0.05	±0.06	±0.07	±0.035	±0.045	±0.050
>0.60～0.80	±0.06	±0.07	±0.08	±0.040	±0.050	±0.050
>0.80～1.00	±0.07	±0.08	±0.09	±0.045	±0.060	±0.060
>1.00～1.20	±0.08	±0.09	±0.10	±0.055	±0.070	±0.070
>1.20～1.60	±0.10	±0.11	±0.11	±0.070	±0.080	±0.080
>1.60～2.00	±0.12	±0.13	±0.13	±0.080	±0.090	±0.090
>2.00～2.50	±0.14	±0.15	±0.15	±0.100	±0.110	±0.110
>2.50～3.00	±0.16	±0.17	±0.17	±0.110	±0.120	±0.120
>3.00～4.00	±0.17	±0.19	±0.19	±0.140	±0.150	±0.150

① 距钢带焊缝处 15m 内的厚度允许偏差比表中最后三行规定值增加 60%；距钢带两端各 15m 内的厚度允许偏差比表中最后三行规定值增加 60%。

2）切边钢板、钢带的宽度允许偏差应符合表 7-31 的规定；不切边钢板、钢带的宽度允许偏差由供需双方商定。纵切钢带的宽度允许偏差应符合表 7-32 的规定。

表 7-31　切边钢板、钢带的宽度允许偏差　　（mm）

公称宽度	宽度允许偏差	
	普通精度　PW. A	较高精度　PW. B
≤1200	+4 0	+2 0
>1200～1500	+5 0	+2 0
>1500	+6 0	+3 0

表 7-32　纵切钢带的宽度允许偏差　　（mm）

公称厚度	宽度允许偏差				
	公称宽度				
	≤125	>125～250	>250～400	>400～600	>600
≤0.40	+0.3 0	+0.6 0	+1.0 0	+1.5 0	+2.0 0

（续）

公称厚度	宽度允许偏差				
	公称宽度				
	≤125	>125～250	>250～400	>400～600	>600
>0.40～1.0	+0.5 0	+0.8 0	+1.2 0	+1.5 0	+2.0 0
>1.0～1.8	+0.7 0	+1.0 0	+1.5 0	+2.0 0	+2.5 0
>1.8～4.0	+1.0 0	+1.3 0	+1.7 0	+2.0 0	+2.5 0

3）钢板和钢带长度允许偏差应满足表 7-33。

表 7-33　钢板和钢带的长度允许偏差（摘自 GB/T 708—2006）　（mm）

公称长度	长度允许偏差	
	普通精度　PL. A	高级精度　PL. B
≤2000	+6 0	+3 0
>2000	+0.3% ×公称长度 0	+0.15% ×公称长度 0

（4）外形允许偏差

钢板的不平度应符合表 7-34 的规定值。

表 7-34　钢板不平度允许偏差（摘自 GB/T 708—2006）　（mm）

规定的最小屈服强度/MPa	公称宽度	不平度　不大于					
		普通精度　PF. A			高级精度　PF. B		
		公称厚度					
		<0.70	0.70～<1.20	≥1.20	<0.70	0.70～<1.20	≥1.20
<280	≤1200	12	10	8	5	4	3
	>1200～1500	15	12	10	6	5	4
	>1500	19	17	15	8	7	6
280～<360	≤1200	15	13	10	8	6	5
	>1200～1500	18	15	13	9	8	6
	>1500	22	20	19	12	10	9

7.1.7.2　型钢

1. 热轧角钢（GB/T 706—2008）

（1）热轧等边角钢

热轧等边角钢的截面如图 7-3 所示，截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性见表 7-35。

（2）热轧不等边角钢

热轧不等边角钢的截面如图 7-4 所示，截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性见表 7-36。

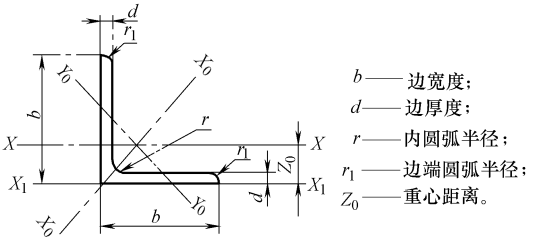


图 7-3　热轧等边角钢截面图

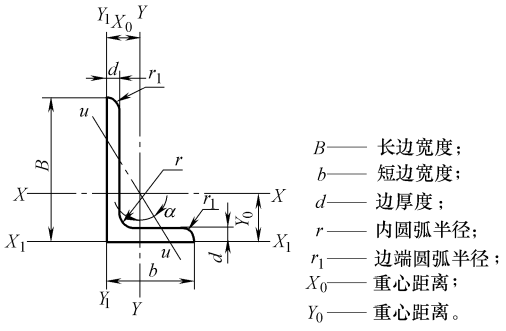


图 7-4　热轧不等边角钢截面图

表 7-35　等边角钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性（摘自 GB/T 706—2008）

型号	截面尺寸/mm			截面面积/cm^2	理论质量/(kg/m)	外表面积/(m^2/m)	惯性矩/cm^4				惯性半径/cm			截面模数/cm^3			重心距离/cm
	b	d	r				I_x	I_{x1}	I_{x0}	I_{y0}	i_x	i_{x0}	i_{y0}	W_x	W_{x0}	W_{y0}	Z_0
2	20	3	3.5	1.132	0.889	0.078	0.40	0.81	0.63	0.17	0.59	0.75	0.39	0.29	0.45	0.20	0.60
		4		1.459	1.145	0.077	0.50	1.09	0.78	0.22	0.58	0.73	0.38	0.36	0.55	0.24	0.64
2.5	25	3		1.432	1.124	0.098	0.82	1.57	1.29	0.34	0.76	0.95	0.49	0.46	0.73	0.33	0.73
		4		1.859	1.459	0.097	1.03	2.11	1.62	0.43	0.74	0.93	0.48	0.59	0.92	0.40	0.76
3.0	30	3	4.5	1.749	1.373	0.117	1.46	2.71	2.31	0.61	0.91	1.15	0.59	0.68	1.09	0.51	0.85
		4		2.276	1.786	0.117	1.84	3.63	2.92	0.77	0.90	1.13	0.58	0.87	1.37	0.62	0.89
3.6	36	3		2.109	1.656	0.141	2.58	4.68	4.09	1.07	1.11	1.39	0.71	0.99	1.61	0.76	1.00
		4		2.756	2.163	0.141	3.29	6.25	5.22	1.37	1.09	1.38	0.70	1.28	2.05	0.93	1.04
		5		3.382	2.654	0.141	3.95	7.84	6.24	1.65	1.08	1.36	0.70	1.56	2.45	1.00	1.07
4	40	3	5	2.359	1.852	0.157	3.59	6.41	5.69	1.49	1.23	1.55	0.79	1.23	2.01	0.96	1.09
		4		3.086	2.422	0.157	4.60	8.56	7.29	1.91	1.22	1.54	0.79	1.60	2.58	1.19	1.13
		5		3.791	2.976	0.156	5.53	10.74	8.76	2.30	1.21	1.52	0.78	1.96	3.10	1.39	1.17
4.5	45	3		2.659	2.088	0.177	5.17	9.12	8.20	2.14	1.40	1.76	0.89	1.58	2.58	1.24	1.22
		4		3.486	2.736	0.177	6.65	12.18	10.56	2.75	1.38	1.74	0.89	2.05	3.32	1.54	1.26
		5		4.292	3.369	0.176	8.04	15.2	12.74	3.33	1.37	1.72	0.88	2.51	4.00	1.81	1.30
		6		5.076	3.985	0.176	9.33	18.36	14.76	3.89	1.36	1.70	0.8	2.95	4.64	2.06	1.33
5	50	3	5.5	2.971	2.332	0.197	7.18	12.5	11.37	2.98	1.55	1.96	1.00	1.96	3.22	1.57	1.34
		4		3.897	3.059	0.197	9.26	16.69	14.70	3.82	1.54	1.94	0.99	2.56	4.16	1.96	1.38
		5		4.803	3.770	0.196	11.21	20.90	17.79	4.64	1.53	1.92	0.98	3.13	5.03	2.31	1.42
		6		5.688	4.465	0.196	13.05	25.14	20.68	5.42	1.52	1.91	0.98	3.68	5.85	2.63	1.46
5.6	56	3	6	3.343	2.624	0.221	10.19	17.56	16.14	4.24	1.75	2.20	1.13	2.48	4.08	2.02	1.48
		4		4.390	3.446	0.220	13.18	23.43	20.92	5.46	1.73	2.18	1.11	3.24	5.28	2.52	1.53
		5		5.415	4.251	0.220	16.02	29.33	25.42	6.61	1.72	2.17	1.10	3.97	6.42	2.98	1.57
		6		6.420	5.040	0.220	18.69	35.26	29.66	7.73	1.71	2.15	1.10	4.68	7.49	3.40	1.61
		7		7.404	5.812	0.219	21.23	41.23	33.63	8.82	1.69	2.13	1.09	5.36	8.49	3.80	1.64
		8		8.367	6.568	0.219	23.63	47.24	37.37	9.89	1.68	2.11	1.09	6.03	9.44	4.16	1.68
6	60	5	6.5	5.829	4.576	0.236	19.89	36.05	31.57	8.21	1.85	2.33	1.19	4.59	7.44	3.48	1.67
		6		6.914	5.427	0.235	23.25	43.33	36.89	9.60	1.83	2.31	1.18	5.41	8.70	3.98	1.70
		7		7.977	6.262	0.235	26.44	50.65	41.92	10.96	1.82	2.29	1.17	6.21	9.88	4.45	1.74
		8		9.020	7.081	0.235	29.47	58.02	46.66	12.28	1.81	2.27	1.17	6.98	11.00	4.88	1.78

（续）

型号	截面尺寸/mm			截面面积/cm^2	理论质量/(kg/m)	外表面积/(m^2/m)	惯性矩/cm^4				惯性半径/cm			截面模数/cm^3			重心距离/cm
	b	d	r				I_x	I_{x1}	I_{x0}	I_{y0}	i_x	i_{x0}	i_{y0}	W_x	W_{x0}	W_{y0}	Z_0
6.3	63	4	7	4.978	3.907	0.248	19.03	33.35	30.17	7.89	1.96	2.46	1.26	4.13	6.78	3.29	1.70
		5		6.143	4.822	0.248	23.17	41.73	36.77	9.57	1.94	2.45	1.25	5.08	8.25	3.90	1.74
		6		7.288	5.721	0.247	27.12	50.14	43.03	11.20	1.93	2.43	1.24	6.00	9.66	4.46	1.78
		7		8.412	6.603	0.247	30.87	58.60	48.96	12.79	1.92	2.41	1.23	6.88	10.99	4.98	1.82
		8		9.515	7.469	0.247	34.46	67.11	54.56	14.33	1.90	2.40	1.23	7.75	12.25	5.47	1.85
		10		11.657	9.151	0.246	41.09	84.31	64.85	17.33	1.88	2.36	1.22	9.39	14.56	6.36	1.93
7	70	4	8	5.570	4.372	0.275	26.39	45.74	41.80	10.99	2.18	2.74	1.40	5.14	8.44	4.17	1.86
		5		6.875	5.397	0.275	32.21	57.21	51.08	13.31	2.16	2.73	1.39	6.32	10.32	4.95	1.91
		6		8.160	6.406	0.275	37.77	68.73	59.93	15.61	2.15	2.71	1.38	7.48	12.11	5.67	1.95
		7		9.424	7.398	0.275	43.09	80.29	68.35	17.82	2.14	2.69	1.38	8.59	13.81	6.34	1.99
		8		10.667	8.373	0.274	48.17	91.92	76.37	19.98	2.12	2.68	1.37	9.68	15.43	6.98	2.03
7.5	75	5	9	7.412	5.818	0.295	39.97	70.56	63.30	16.63	2.33	2.92	1.50	7.32	11.94	5.77	2.04
		6		8.797	6.905	0.294	46.95	84.55	74.38	19.51	2.31	2.90	1.49	8.64	14.02	6.67	2.07
		7		10.160	7.976	0.294	53.57	98.71	84.96	22.18	2.30	2.89	1.48	9.93	16.02	7.44	2.11
		8		11.503	9.030	0.294	59.96	112.97	95.07	24.86	2.28	2.88	1.47	11.20	17.93	8.19	2.15
		9		12.825	10.068	0.294	66.10	127.30	104.71	27.48	2.27	2.86	1.46	12.43	19.75	8.89	2.18
		10		14.126	11.089	0.293	71.98	141.71	113.92	30.05	2.26	2.84	1.46	13.64	21.48	9.56	2.22
8	80	5		7.912	6.211	0.315	48.79	85.36	77.33	20.25	2.48	3.13	1.60	8.34	13.67	6.66	2.15
		6		9.397	7.376	0.314	57.35	102.50	90.98	23.72	2.47	3.11	1.59	9.87	16.08	7.65	2.19
		7		10.860	8.525	0.314	65.58	119.70	104.07	27.09	2.46	3.10	1.58	11.37	18.40	8.58	2.23
		8		12.303	9.658	0.314	73.49	136.97	116.60	30.39	2.44	3.08	1.57	12.83	20.61	9.46	2.27
		9		13.725	10.774	0.314	81.11	154.31	128.60	33.61	2.43	3.06	1.56	14.25	22.73	10.29	2.31
		10		15.126	11.874	0.313	88.43	171.74	140.09	36.77	2.42	3.04	1.56	15.64	24.76	11.08	2.35
9	90	6	10	10.637	8.350	0.354	82.77	145.87	131.26	34.28	2.79	3.51	1.80	12.61	20.63	9.95	2.44
		7		12.301	9.656	0.354	94.83	170.30	150.47	39.18	2.78	3.50	1.78	14.54	23.64	11.19	2.48
		8		13.944	10.946	0.353	106.47	194.80	168.97	43.97	2.76	3.48	1.78	16.42	26.55	12.35	2.52
		9		15.566	12.219	0.353	117.72	219.39	186.77	48.66	2.75	3.46	1.77	18.27	29.35	13.46	2.56
		10		17.167	13.476	0.353	128.58	244.07	203.90	53.26	2.74	3.45	1.76	20.07	32.04	14.52	2.59
		12		20.306	15.940	0.352	149.22	293.76	236.21	62.22	2.71	3.41	1.75	23.57	37.12	16.49	2.67

（续）

型号	截面尺寸/mm			截面面积/cm^2	理论质量/(kg/m)	外表面积/(m^2/m)	惯性矩/cm^4				惯性半径/cm			截面模数/cm^3			重心距离/cm
	b	d	r				I_x	I_{x1}	I_{x0}	I_{y0}	i_x	i_{x0}	i_{y0}	W_x	W_{x0}	W_{y0}	Z_0
10	100	6	12	11.932	9.366	0.393	114.95	200.07	181.98	47.92	3.10	3.90	2.00	15.68	25.74	12.69	2.67
		7		13.796	10.830	0.393	131.86	233.54	208.97	54.74	3.09	3.89	1.99	18.10	29.55	14.26	2.71
		8		15.638	12.276	0.393	148.24	267.09	235.07	61.41	3.08	3.88	1.98	20.47	33.24	15.75	2.76
		9		17.462	13.708	0.392	164.12	300.73	260.30	67.95	3.07	3.86	1.97	22.79	36.81	17.18	2.80
		10		19.261	15.120	0.392	179.51	334.48	284.68	74.35	3.05	3.84	1.96	25.06	40.26	18.54	2.84
		12		22.800	17.898	0.391	208.90	402.34	330.95	86.84	3.03	3.81	1.95	29.48	46.80	21.08	2.91
		14		26.256	20.611	0.391	236.53	470.75	374.06	99.00	3.00	3.77	1.94	33.73	52.90	23.44	2.99
		16		26.627	23.257	0.390	262.53	539.80	414.16	110.89	2.98	3.74	1.94	37.82	58.57	25.63	3.06
11	110	7	12	15.196	11.928	0.433	177.16	310.64	280.94	73.38	3.41	4.30	2.20	22.05	36.12	17.51	2.96
		8		17.238	13.535	0.433	199.46	355.20	316.49	82.42	3.40	4.28	2.19	24.95	40.69	19.39	3.01
		10		21.261	16.690	0.432	242.19	444.65	384.39	99.98	3.38	4.25	2.17	30.60	49.42	22.91	3.09
		12		25.200	19.782	0.431	282.55	534.60	448.17	116.93	3.35	4.22	2.15	36.05	57.62	26.15	3.16
		14		29.056	22.809	0.431	320.71	625.16	508.01	133.40	3.32	4.18	2.14	41.31	65.31	29.14	3.24
12.5	125	8	14	19.750	15.504	0.492	297.03	521.01	470.89	123.16	3.88	4.88	2.50	32.52	53.28	25.86	3.37
		10		24.373	19.133	0.491	361.67	651.93	573.89	149.46	3.85	4.85	2.48	39.97	64.93	30.62	3.45
		12		28.912	22.696	0.491	423.16	783.42	671.44	174.88	3.83	4.82	2.46	41.17	75.96	35.03	3.53
		14		33.367	26.193	0.490	481.65	915.61	763.73	199.57	3.80	4.78	2.45	54.16	86.41	39.13	3.61
		16		37.739	26.625	0.489	537.31	1048.62	850.98	223.65	3.77	4.75	2.43	60.93	96.28	42.96	3.68
14	140	10		27.373	21.488	0.551	514.65	915.11	817.27	212.04	4.34	5.46	2.78	50.58	82.56	39.20	3.82
		12		32.512	25.522	0.551	603.68	1099.28	958.79	248.57	4.31	5.43	2.76	59.80	96.85	45.02	3.90
		14		37.567	29.490	0.550	688.81	1284.22	1093.56	284.06	4.28	5.40	2.75	68.75	110.47	50.45	3.98
		16		42.539	33.393	0.549	770.24	1470.07	1221.81	318.67	4.26	5.36	2.74	77.46	123.42	55.55	4.06
15	150	8		23.750	18.644	0.592	521.37	899.55	827.49	215.25	4.69	5.90	3.01	47.36	78.02	38.14	3.99
		10		29.373	23.058	0.591	637.50	1125.09	1012.75	262.21	4.66	5.87	2.99	58.35	95.49	45.51	4.08
		12		34.912	27.406	0.591	748.85	1351.26	1189.97	307.73	4.63	5.84	2.97	69.04	112.19	52.38	4.15
		14		40.367	31.688	0.590	855.64	1578.25	1359.30	351.98	4.60	5.80	2.95	79.45	128.16	58.83	4.23
		15		43.063	33.804	0.590	907.39	1692.10	1441.09	373.69	4.59	5.78	2.95	84.56	135.87	61.90	4.27
		16		45.739	35.905	0.589	958.08	1806.21	1521.02	395.14	4.58	5.77	2.94	89.59	143.40	64.89	4.31

（续）

型号	截面尺寸/mm			截面面积/cm^2	理论质量/(kg/m)	外表面积/(m^2/m)	惯性矩/cm^4				惯性半径/cm			截面模数/cm^3			重心距离/cm
	b	d	r				I_x	I_{x1}	I_{x0}	I_{y0}	i_x	i_{x0}	i_{y0}	W_x	W_{x0}	W_{y0}	Z_0
16	160	10	16	31.502	24.729	0.630	779.53	1365.33	1237.30	321.76	4.98	6.27	3.20	66.70	109.36	52.6	4.31
		12		37.441	29.391	0.630	916.58	1639.57	1455.68	377.49	4.95	6.24	3.18	78.98	128.67	60.74	4.39
		14		43.296	33.987	0.629	1048.36	1914.68	1665.02	431.70	4.92	6.20	3.16	90.95	147.17	68.24	4.47
		16		49.067	38.518	0.629	1175.08	2190.82	1865.57	484.59	4.89	6.17	3.14	102.63	164.89	75.31	4.55
18	180	12		42.241	33.159	0.710	1321.35	2332.80	2100.10	542.61	5.59	7.05	3.58	100.82	165.00	78.41	4.89
		14		48.896	38.383	0.709	1514.48	2723.48	2407.42	621.53	5.56	7.02	3.56	116.25	189.14	88.38	4.97
		16		55.467	43.542	0.709	1700.99	3115.29	2703.37	698.60	5.54	6.98	3.55	131.13	212.40	97.83	5.05
		18		61.055	48.634	0.708	1875.12	3502.43	2988.24	762.01	5.50	6.94	3.51	145.64	234.78	105.14	5.13
20	200	14	18	54.642	42.894	0.788	2103.55	3734.10	3343.26	863.83	6.20	7.82	3.98	144.70	236.40	111.82	5.46
		16		62.013	48.680	0.788	2366.15	4270.39	3760.89	971.41	6.18	7.79	3.96	163.65	265.93	123.96	5.54
		18		69.301	54.401	0.787	2620.64	4808.13	4164.54	1076.74	6.15	7.75	3.94	182.22	294.48	135.52	5.62
		20		76.505	60.056	0.787	2867.30	5347.51	4554.55	1180.04	6.12	7.72	3.93	200.42	322.06	146.55	5.69
		24		90.661	71.168	0.785	3338.25	6457.16	5294.97	1381.53	6.07	7.64	3.90	236.17	374.41	166.65	5.87
22	220	16	21	68.664	53.901	0.866	3187.36	5681.62	5063.73	1310.99	6.81	8.59	4.37	199.55	325.51	153.81	6.03
		18		70.752	60.250	0.866	3534.30	6395.93	5615.32	1453.27	6.79	8.55	4.35	222.37	360.97	168.29	6.11
		20		84.756	66.533	0.865	3871.49	7112.04	6150.08	1592.90	6.76	8.52	4.34	244.77	395.34	182.16	6.18
		22		92.676	72.751	0.865	4199.23	7830.19	6668.37	1730.10	6.73	8.48	4.32	266.78	428.66	195.45	6.26
		24		100.512	78.902	0.864	4517.83	8550.57	7170.55	1865.11	6.70	8.45	4.31	288.39	460.94	208.21	6.33
		26		108.264	84.987	0.864	4827.58	9273.39	7656.98	1998.17	6.68	8.41	4.30	309.62	492.21	220.49	6.41
25	250	18	24	87.842	68.956	0.985	5268.22	9379.11	8369.04	2167.41	7.74	9.76	4.97	290.12	473.42	224.03	6.84
		20		97.045	76.180	0.984	5779.34	10426.97	9181.94	2376.74	7.72	9.73	4.95	319.66	519.41	242.85	6.92
		24		115.201	90.433	0.983	6763.93	12529.74	10742.67	2785.19	7.66	9.66	4.92	377.34	607.70	278.38	7.07
		26		124.154	97.461	0.982	7238.08	13585.18	11491.33	2984.84	7.63	9.62	4.90	405.50	650.05	295.19	7.15
		28		133.022	104.422	0.982	7700.60	14643.62	12219.39	3181.81	7.61	9.58	4.89	433.22	691.23	311.42	7.22
		30		141.807	111.318	0.981	8151.80	15705.30	12927.26	3376.34	7.58	9.55	4.88	460.51	731.28	327.12	7.30
		32		150.508	118.149	0.981	8592.01	16770.41	13615.32	3568.71	7.56	9.51	4.87	487.39	770.20	342.33	7.37
		35		163.402	128.271	0.980	9232.44	18374.95	14611.16	3853.72	7.52	9.46	4.86	526.97	826.53	364.30	7.48

注：截面图中的 $r_1 = 1/3d$ 及表中 r 的数据用于孔型设计，不做交货条件。

表 7-36　不等边角钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性

型号	截面尺寸/mm				截面面积/cm^2	理论质量/(kg/m)	外表面积/(m^2/m)	惯性矩/cm^4					惯性半径/cm			截面模数/cm^3			tanα	重心距离/cm	
	B	b	d	r				I_x	I_{x1}	I_y	I_{y1}	I_u	i_x	i_y	i_u	W_x	W_y	W_u		X_0	Y_0
2.5/1.6	25	16	3	3.5	1.162	0.912	0.080	0.70	1.56	0.22	0.43	0.14	0.78	0.44	0.34	0.43	0.19	0.16	0.392	0.42	0.86
			4		1.499	1.176	0.079	0.88	2.09	0.27	0.59	0.17	0.77	0.43	0.34	0.55	0.24	0.20	0.381	0.46	1.86
3.2/2	32	20	3		1.492	1.171	0.102	1.53	3.27	0.46	0.82	0.28	1.01	0.55	0.43	0.72	0.30	0.25	0.382	0.49	0.90
			4		1.939	1.522	0.101	1.93	4.37	0.57	1.12	0.35	1.00	0.54	0.42	0.93	0.39	0.32	0.374	0.53	1.08
4/2.5	40	25	3	4	1.890	1.484	0.127	3.08	5.39	0.93	1.59	0.56	1.28	0.70	0.54	1.15	0.49	0.40	0.385	0.59	1.12
			4		2.467	1.936	0.127	3.93	8.53	1.18	2.14	0.71	1.36	0.69	0.54	1.49	0.63	0.52	0.381	0.63	1.32
4.5/2.8	45	28	3	5	2.149	1.687	0.143	4.45	9.10	1.34	2.23	0.80	1.44	0.79	0.61	1.47	0.62	0.51	0.383	0.64	1.37
			4		2.806	2.203	0.143	5.69	12.13	1.70	3.00	1.02	1.42	0.78	0.60	1.91	0.80	0.66	0.380	0.68	1.47
5/3.2	50	32	3	5.5	2.431	1.908	0.161	6.24	12.49	2.02	3.31	1.20	1.60	0.91	0.70	1.84	0.82	0.68	0.404	0.73	1.51
			4		3.177	2.494	0.160	8.02	16.65	2.58	4.45	1.53	1.59	0.90	0.69	2.39	1.06	0.87	0.402	0.77	1.60
5.6/3.6	56	36	3	6	2.743	2.153	0.181	8.88	17.54	2.92	4.70	1.73	1.80	1.03	0.79	2.32	1.05	0.87	0.408	0.80	1.65
			4		3.590	2.818	0.180	11.45	23.39	3.76	6.33	2.23	1.79	1.02	0.79	3.03	1.37	1.13	0.408	0.85	1.78
			5		4.415	3.466	0.180	13.86	29.25	4.49	7.94	2.67	1.77	1.01	0.78	3.71	1.65	1.36	0.404	0.88	1.82
6.3/4	63	40	4	7	4.058	3.185	0.202	16.49	33.30	5.23	8.63	3.12	2.02	1.14	0.88	3.87	1.70	1.40	0.398	0.92	1.87
			5		4.993	3.920	0.202	20.02	41.63	6.31	10.86	3.76	2.00	1.12	0.87	4.74	2.07	1.71	0.396	0.95	2.04
			6		5.908	4.638	0.201	23.36	49.98	7.29	13.12	4.34	1.96	1.11	0.86	5.59	2.43	1.99	0.393	0.99	2.08
			7		6.802	5.339	0.201	26.53	58.07	8.24	15.47	4.97	1.98	1.10	0.86	6.40	2.78	2.29	0.389	1.03	2.12
7/4.5	70	45	4	7.5	4.547	3.570	0.226	23.17	45.92	7.55	12.26	4.40	2.26	1.29	0.98	4.86	2.17	1.77	0.410	1.02	2.15
			5		5.609	4.403	0.225	27.95	57.10	9.13	15.39	5.40	2.23	1.28	0.98	5.92	2.65	2.19	0.407	1.06	2.24
			6		6.647	5.218	0.225	32.54	68.35	10.62	18.58	6.35	2.21	1.26	0.98	6.95	3.12	2.59	0.404	1.09	2.28
			7		7.657	6.011	0.225	37.22	79.99	12.01	21.84	7.16	2.20	1.25	0.97	8.03	3.57	2.94	0.402	1.13	2.32
7.5/5	75	50	5	8	6.125	4.808	0.245	34.86	70.00	12.61	21.04	7.41	2.39	1.44	1.10	6.83	3.30	2.74	0.435	1.17	2.36
			6		7.260	5.699	0.245	41.12	84.30	14.70	25.37	8.54	2.38	1.42	1.08	8.12	3.88	3.19	0.435	1.21	2.40
			8		9.467	7.431	0.244	52.39	112.50	18.53	34.23	10.87	2.35	1.40	1.07	10.52	4.99	4.10	0.429	1.29	2.44
			10		11.590	9.098	0.244	62.71	140.80	21.96	43.43	13.10	2.33	1.38	1.06	12.79	6.04	4.99	0.423	1.36	2.52

（续）

型号	截面尺寸/mm				截面面积/cm^2	理论质量/(kg/m)	外表面积/(m^2/m)	惯性矩/cm^4					惯性半径/cm			截面模数/cm^3			tanα	重心距离/cm	
	B	b	d	r				I_x	I_{x1}	I_y	I_{y1}	I_u	i_x	i_y	i_u	W_x	W_y	W_u		X_0	Y_0
8/5	80	50	5	8	6.375	5.005	0.255	41.96	85.21	12.82	21.06	7.66	2.56	1.42	1.10	7.78	3.32	2.74	0.388	1.14	2.60
			6		7.560	5.935	0.255	49.49	102.53	14.95	25.41	8.85	2.56	1.41	1.08	9.25	3.91	3.20	0.387	1.18	2.65
			7		8.724	6.848	0.255	56.16	119.33	46.96	29.82	10.18	2.54	1.39	1.08	10.58	4.48	3.70	0.384	1.21	2.69
			8		9.867	7.745	0.254	62.83	136.41	18.85	34.32	11.38	2.52	1.38	1.07	11.92	5.03	4.16	0.381	1.25	2.73
9/5.6	90	56	5	9	7.212	5.661	0.287	60.45	121.32	18.32	29.53	10.98	2.90	1.59	1.23	9.92	4.21	3.49	0.385	1.25	2.91
			6		8.557	6.717	0.286	71.03	145.59	21.42	35.58	12.90	2.88	1.58	1.23	11.74	4.96	4.13	0.384	1.29	2.95
			7		9.880	7.756	0.286	81.01	169.60	24.36	41.71	14.67	2.86	1.57	1.22	13.49	5.70	4.72	0.382	1.33	3.00
			8		11.183	8.779	0.286	91.03	194.17	27.15	47.93	16.34	2.85	1.56	1.21	15.27	6.41	5.29	0.380	1.36	3.04
10/6.3	100	63	6	10	9.617	7.550	0.320	99.06	199.71	30.94	50.50	18.42	3.21	1.79	1.38	14.64	6.35	5.25	0.394	1.43	3.24
			7		11.111	8.722	0.320	113.45	233.00	35.26	59.14	21.00	3.20	1.78	1.38	16.88	7.29	6.02	0.394	1.47	3.28
			8		12.534	9.878	0.319	127.37	266.32	39.39	67.88	23.50	3.18	1.77	1.37	19.08	8.21	6.78	0.391	1.50	3.32
			10		15.467	12.142	0.319	153.81	333.06	47.12	85.73	28.33	3.15	1.74	1.35	23.32	9.98	8.24	0.387	1.58	3.40
10/8	100	80	6		10.637	8.350	0.354	107.04	199.83	61.24	102.68	31.65	3.17	2.40	1.72	15.19	10.16	8.37	0.627	1.97	2.95
			7		12.301	9.656	0.354	122.73	233.20	70.08	119.98	36.17	3.16	2.39	1.72	17.52	11.71	9.60	0.626	2.01	3.0
			8		13.944	10.946	0.353	137.92	266.61	78.58	137.37	40.58	3.14	2.37	1.71	19.81	13.21	10.80	0.625	2.05	3.04
			10		17.167	13.476	0.353	166.87	333.63	94.65	172.48	49.10	3.12	2.35	1.69	24.24	16.12	13.12	0.622	2.13	3.12
11/7	110	70	6		10.637	8.350	0.354	133.37	265.78	42.92	69.08	25.36	3.54	2.01	1.54	17.85	7.90	6.53	0.403	1.57	3.53
			7		12.301	9.656	0.354	153.00	310.07	49.01	80.82	28.95	3.53	2.00	1.53	20.60	9.09	7.50	0.402	1.61	3.57
			8		13.944	10.946	0.353	172.04	354.39	54.87	92.70	32.45	3.51	1.98	1.53	23.30	10.25	8.45	0.401	1.65	3.62
			10		17.167	13.476	0.353	208.39	443.13	65.88	116.83	39.20	3.48	1.96	1.51	28.54	12.48	10.29	0.397	1.72	3.70
12.5/8	125	80	7	11	14.096	11.066	0.403	227.98	454.99	74.42	120.32	43.81	4.02	2.30	1.76	26.86	12.01	9.92	0.408	1.80	4.01
			8		15.989	12.551	0.403	256.77	519.99	83.49	137.85	49.15	4.01	2.28	1.75	30.41	13.56	11.18	0.407	1.84	4.06
			10		19.712	15.474	0.402	312.04	650.09	100.67	173.40	59.45	3.98	2.26	1.74	37.33	16.56	13.64	0.404	1.92	4.14
			12		23.351	18.330	0.402	364.41	780.39	116.67	209.67	69.35	3.95	2.24	1.72	44.01	19.43	16.01	0.400	2.00	4.22

（续）

型号	截面尺寸/mm				截面面积/cm^2	理论质量/(kg/m)	外表面积/(m^2/m)	惯性矩/cm^4					惯性半径/cm			截面模数/cm^3			tanα	重心距离/cm	
	B	b	d	r				I_x	I_{x1}	I_y	I_{y1}	I_u	i_x	i_y	i_u	W_x	W_y	W_u		X_0	Y_0
14/9	140	90	8	12	18.038	14.160	0.453	365.64	730.53	120.69	195.79	70.83	4.50	2.59	1.98	38.48	17.34	14.31	0.411	2.04	4.50
			10		22.261	17.475	0.452	445.50	913.20	140.03	245.92	85.82	4.47	2.56	1.96	47.31	21.22	17.48	0.409	2.12	4.58
			12		26.400	20.724	0.451	521.59	1096.09	169.79	296.89	100.21	4.44	2.54	1.95	55.87	24.95	20.54	0.406	2.19	4.66
			14		30.456	23.908	0.451	594.10	1279.26	192.10	348.82	114.13	4.42	2.51	1.94	64.18	28.54	23.52	0.403	2.27	4.74
15/9	150	90	8		18.839	14.788	0.473	442.05	898.35	122.80	195.96	74.14	4.84	2.55	1.98	43.86	17.47	14.48	0.364	1.97	4.92
			10		23.261	18.260	0.472	539.24	1122.85	148.62	246.26	89.86	4.81	2.53	1.97	53.97	21.38	17.69	0.362	2.05	5.01
			12		27.600	21.666	0.471	632.08	1347.50	172.85	297.46	104.95	4.79	2.50	1.95	63.79	25.14	20.80	0.359	2.12	5.09
			14		31.856	25.007	0.471	720.77	1572.38	195.62	349.74	119.53	4.76	2.48	1.94	73.33	28.77	23.84	0.356	2.20	5.17
			15		33.952	26.652	0.471	763.62	1684.93	206.50	376.33	126.67	4.74	2.47	1.93	77.99	30.53	25.33	0.354	2.24	5.21
			16		36.027	28.281	0.470	805.51	1797.55	217.07	403.24	133.72	4.73	2.45	1.93	82.60	32.27	26.82	0.352	2.27	5.25
16/10	160	100	10	13	25.315	19.872	0.512	668.69	1362.89	205.03	336.59	121.74	5.14	2.85	2.19	62.13	26.56	21.92	0.390	2.28	5.24
			12		30.054	23.592	0.511	784.91	1635.56	239.06	405.94	142.33	5.11	2.82	2.17	73.49	31.28	25.79	0.388	2.36	5.32
			14		34.709	27.247	0.510	896.30	1908.50	271.20	476.42	162.23	5.08	2.80	2.16	84.56	35.83	29.56	0.385	0.43	5.40
			16		29.281	30.835	0.510	1003.04	2181.79	301.60	548.22	182.57	5.05	2.77	2.16	95.33	40.24	33.44	0.382	2.51	5.48
18/11	180	110	10	14	28.373	22.273	0.571	956.25	1940.40	278.11	447.22	166.50	5.80	3.13	2.42	78.96	32.49	26.88	0.376	2.44	5.89
			12		33.712	26.440	0.571	1124.72	2328.38	325.03	538.94	194.87	5.78	3.10	2.40	93.53	38.32	31.66	0.374	2.52	5.98
			14		38.967	30.589	0.570	1286.91	2716.60	369.55	631.95	222.30	5.75	3.08	2.39	107.76	43.97	36.32	0.372	2.59	6.06
			16		44.139	34.649	0.569	1443.06	3105.15	411.85	726.46	248.94	5.72	3.06	2.38	121.64	49.44	40.87	0.369	2.67	6.14
20/12.5	200	125	12		37.912	29.761	0.641	1570.90	3193.85	483.16	787.74	285.79	6.44	3.57	2.74	116.73	49.99	41.23	0.392	2.83	6.54
			14		43.687	34.436	0.640	1800.97	3726.17	550.83	922.47	326.58	6.41	3.54	2.73	134.65	57.44	47.34	0.390	2.91	6.62
			16		49.739	39.045	0.639	2023.35	4258.88	615.44	1058.86	366.21	6.38	3.52	2.71	152.18	64.89	53.32	0.388	2.99	6.70
			18		55.526	43.588	0.639	2238.30	4792.00	677.19	1197.13	404.83	6.35	3.49	2.70	169.33	71.74	59.18	0.385	3.06	6.78

注：截面图中的 $r_1 = 1/3d$ 及表中 r 的数据用于孔型设计，不做交货条件。

2. 热轧工字钢

热轧工字钢截面尺寸见图 7-5，截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性见表 7-37。

3. 热轧槽钢

热轧槽钢截面尺寸见图 7-6，截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性见表 7-38。

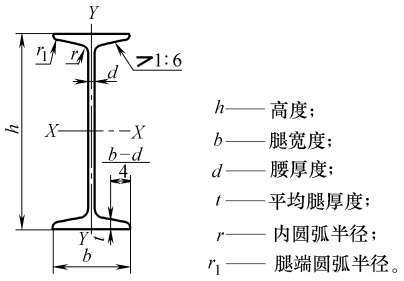


图 7-5　热轧工字钢截面图

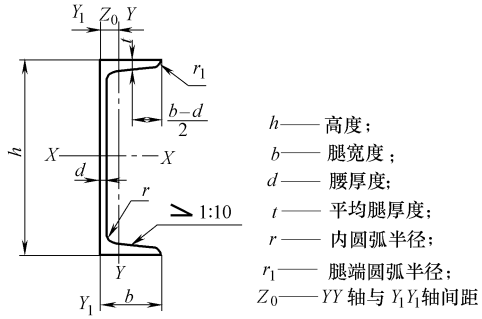


图 7-6　热轧槽钢截面图

表 7-37　工字钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性（GB/T 706—2008）

型号	截面尺寸/mm						截面面积/cm²	理论质量/(kg/m)	惯性矩/cm⁴		惯性半径/cm		截面模数/cm³	
	h	b	d	t	r	r_1			I_x	I_y	i_x	i_y	W_x	W_y
10	100	68	4.5	7.6	6.5	3.3	14.345	11.261	245	33.0	4.14	1.52	49.0	9.72
12	120	74	5.0	8.4	7.0	3.5	17.818	13.987	436	46.9	4.95	1.62	72.7	12.7
12.6	126	74	5.0	8.4	7.0	3.5	18.118	14.223	488	46.9	5.20	1.61	77.5	12.7
14	140	80	5.5	9.1	7.5	3.8	21.516	16.890	712	64.4	5.76	1.73	102	16.1
16	160	88	6.0	9.9	8.0	4.0	26.131	20.513	1130	93.1	6.58	1.89	141	21.2
18	180	94	6.5	10.7	8.5	4.3	30.756	24.143	1660	122	7.36	2.00	185	26.0
20a	200	100	7.0	11.4	9.0	4.5	35.578	27.929	2370	158	8.15	2.12	237	31.5
20b		102	9.0				39.578	31.069	2500	169	7.96	2.06	250	33.1
22a	220	110	7.5	12.3	9.5	4.8	42.128	33.070	3400	225	8.99	2.31	309	40.9
22b		112	9.5				46.528	36.524	3570	239	8.78	2.27	325	42.7
24a	240	116	8.0	13.0	10.0	5.0	47.741	37.477	4570	280	9.77	2.42	381	48.4
24b		118	10.0				52.541	41.245	4800	297	9.57	2.38	400	50.4
25a	250	116	8.0				48.541	38.105	5020	280	10.2	2.40	402	48.3
25b		118	10.0				53.541	42.030	5280	309	9.94	2.40	423	52.4
27a	270	122	8.5	13.7	10.5	5.3	54.554	42.825	6550	345	10.9	2.51	485	56.6
27b		124	10.5				59.954	47.064	6870	366	10.7	2.47	509	58.9
28a	280	122	8.5				55.404	43.492	7110	345	11.3	2.50	508	56.6
28b		124	10.5				61.004	47.888	7480	379	11.1	2.49	534	61.2
30a	300	126	9.0	14.4	11.0	5.5	61.254	48.084	8950	400	12.1	2.55	597	63.5
30b		128	11.0				67.254	52.794	9400	422	11.8	2.50	627	65.9
30c		130	13.0				73.254	57.504	9850	445	11.6	2.46	657	68.5
32a	320	130	9.5	15.0	11.5	5.8	67.156	52.717	11100	460	12.8	2.62	692	70.8
32b		132	11.5				73.556	57.741	11600	502	12.6	2.61	726	76.0
32c		134	13.5				79.956	62.765	12200	544	12.3	2.61	760	81.2
36a	360	136	10.0	15.8	12.0	6.0	76.480	60.037	15800	552	14.4	2.69	875	81.2
36b		138	12.0				83.680	65.689	16500	582	14.1	2.64	919	84.3
36c		140	14.0				90.880	71.341	17300	612	13.8	2.60	962	87.4

（续）

型号	截面尺寸/mm						截面面积/cm²	理论质量/(kg/m)	惯性矩/cm⁴		惯性半径/cm		截面模数/cm³	
	h	b	d	t	r	r_1			I_x	I_y	i_x	i_y	W_x	W_y
40a	400	142	10.5	16.5	12.5	6.3	86.112	67.598	21700	660	15.9	2.77	1090	93.2
40b		144	12.5				94.112	73.878	22800	692	15.6	2.71	1140	96.2
40c		146	14.5				102.112	80.158	23900	727	15.2	2.65	1190	99.6
45a	450	150	11.5	18.0	13.5	6.8	102.446	80.420	32200	855	17.7	2.89	1430	114
45b		152	13.5				111.446	87.485	33800	894	17.4	2.84	1500	118
45c		154	15.5				120.446	94.550	35300	938	17.1	2.79	1570	122
50a	500	158	12.0	20.0	14.0	7.0	119.304	93.654	46500	1120	19.7	3.07	1860	142
50b		160	14.0				129.304	101.504	48600	1170	19.4	3.01	1940	146
50c		162	16.0				139.304	109.354	50600	1220	19.0	2.96	2080	151
55a	550	166	12.5	21.0	14.5	7.3	134.185	105.335	62900	1370	21.6	3.19	2290	164
55b		168	14.5				145.185	113.970	65600	1420	21.2	3.14	2390	170
55c		170	16.5				156.185	122.605	68400	1480	20.9	3.08	2490	175
56a	560	166	12.5				135.435	106.316	65600	1370	22.0	3.18	2340	165
56b		168	14.5				146.635	115.108	68500	1490	21.6	3.16	2450	174
56c		170	16.5				157.835	123.900	71400	1560	21.3	3.16	2550	183
63a	630	176	13.0	22.0	15.0	7.5	154.658	121.407	93900	1700	24.5	3.31	2980	193
63b		178	15.0				167.258	131.298	98100	1810	24.2	3.29	3160	204
63c		180	17.0				179.858	141.189	102000	1920	23.8	3.27	3300	214

注：表中 r、r_1 的数据用于孔型设计，不做交货条件。

表 7-38　槽钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性（GB/T 706—2008）

型号	截面尺寸/mm						截面面积/cm²	理论质量/(kg/m)	惯性矩/cm⁴			惯性半径/cm		截面模数/cm³		重心距离/cm
	h	b	d	t	r	r_1			I_x	I_y	I_{y1}	i_x	i_y	W_x	W_y	Z_0
5	50	37	4.5	7.0	7.0	3.5	6.928	5.438	26.0	8.30	20.9	1.94	1.10	10.4	3.55	1.35
6.3	63	40	4.8	7.5	7.5	3.8	8.451	6.634	50.8	11.9	28.4	2.45	1.19	16.1	4.50	1.36
6.5	65	40	4.3	7.5	7.5	3.8	8.547	6.709	55.2	12.0	28.3	2.54	1.19	17.0	4.59	1.38
8	80	43	5.0	8.0	8.0	4.0	10.248	8.045	101	16.6	37.4	3.15	1.27	25.3	5.79	1.43
10	100	48	5.3	8.5	8.5	4.2	12.748	10.007	198	25.6	54.9	3.95	1.41	39.7	7.80	1.52
12	120	53	5.5	9.0	9.0	4.5	15.362	12.059	346	37.4	77.7	4.75	1.56	57.7	10.2	1.62
12.6	126	53	5.5	9.0	9.0	4.5	15.692	12.318	391	38.0	77.1	4.95	1.57	62.1	10.2	1.59
14a	140	58	6.0	9.5	9.5	4.8	18.516	14.535	564	53.2	107	5.52	1.70	80.5	13.0	1.71
14b		60	8.0				21.316	16.733	609	61.1	121	5.35	1.69	87.1	14.1	1.67
16a	160	63	6.5	10.0	10.0	5.0	21.962	17.24	866	73.3	144	6.28	1.83	108	16.3	1.80
16b		65	8.5				25.162	19.752	935	83.4	161	6.10	1.82	117	17.6	1.75
18a	180	68	7.0	10.5	10.5	5.2	25.699	20.174	1270	98.6	190	7.04	1.96	141	20.0	1.88
18b		70	9.0				29.299	23.000	1370	111	210	6.84	1.95	152	21.5	1.84
20a	200	73	7.0	11.0	11.0	5.5	28.837	22.637	1780	128	244	7.86	2.11	178	24.2	2.01
20b		75	9.0				32.837	25.777	1910	144	268	7.64	2.09	191	25.9	1.95
22a	220	77	7.0	11.5	11.5	5.8	31.846	24.999	2390	158	298	8.67	2.23	218	28.2	2.10
22b		79	9.0				36.246	28.453	2570	176	326	8.42	2.21	234	30.1	2.03
24a	240	78	7.0	12.0	12.0	6.0	34.217	26.860	3050	174	325	9.45	2.25	254	30.5	2.10
24b		80	9.0				39.017	30.628	3280	194	355	9.17	2.23	274	32.5	2.03
24c		82	11.0				43.817	34.396	3510	213	388	8.96	2.21	293	34.4	2.00
25a	250	78	7.0				34.917	27.410	3370	176	322	9.82	2.24	270	30.6	2.07
25b		80	9.0				39.917	31.335	3530	196	353	9.41	2.22	282	32.7	1.98
25c		82	11.0				44.917	35.260	3690	218	384	9.07	2.21	295	35.9	1.92

（续）

型号	截面尺寸/mm						截面面积/cm²	理论质量/(kg/m)	惯性矩/cm⁴			惯性半径/cm		截面模数/cm³		重心距离/cm
	h	b	d	t	r	r_1			I_x	I_y	I_{y1}	i_x	i_y	W_x	W_y	Z_0
27a	270	82	7.5	12.5	12.5	6.2	39.284	30.838	4360	216	393	10.5	2.34	323	35.5	2.13
27b		84	9.5				44.684	35.077	4690	239	428	10.3	2.31	347	37.7	2.06
27c		86	11.5				50.084	39.316	5020	261	467	10.1	2.28	372	39.8	2.03
28a	280	82	7.5				40.034	31.427	4760	218	388	10.9	2.33	340	35.7	2.10
28b		84	9.5				45.634	35.823	5130	242	428	10.6	2.30	366	37.9	2.02
28c		86	11.5				51.234	40.219	5500	268	463	10.4	2.29	393	40.3	1.95
30a	300	86	7.5	13.5	13.5	6.8	43.902	34.463	6050	260	467	11.7	2.43	403	41.1	2.17
30b		87	9.5				49.902	39.173	6500	289	515	11.4	2.41	433	44.0	2.13
30c		89	11.5				55.902	43.883	6950	316	560	11.2	2.38	463	46.4	2.09
32a	320	88	8.0	14.0	14.0	7.0	48.513	38.083	7600	305	552	12.5	2.50	475	46.5	2.24
32b		90	10.0				54.913	43.107	8140	336	593	12.2	2.47	509	49.2	2.16
32c		92	12.0				61.313	48.131	8690	374	643	11.9	2.47	543	52.6	2.09
36a	360	98	9.0	16.0	16.0	8.0	60.910	47.814	11900	455	818	14.0	2.73	660	63.5	2.44
36b		98	11.0				68.110	53.466	12700	497	880	13.6	2.70	703	66.9	2.37
36c		100	13.0				75.310	59.118	13400	536	948	13.4	2.67	746	70.0	2.34
40a	400	100	10.5	18.0	18.0	9.0	75.068	58.928	17600	592	1070	15.3	2.81	879	78.8	2.49
40b		102	12.5				83.068	65.208	18600	640	114	15.0	2.78	932	82.5	2.44
40c		104	14.5				91.068	71.488	19700	688	1220	14.7	2.75	986	86.2	2.42

注：表中 r、r_1 的数据用于孔型设计，不做交货条件。

4. 热轧 L 型钢

热轧槽钢截面尺寸见图 7-7，截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性见表 7-39。

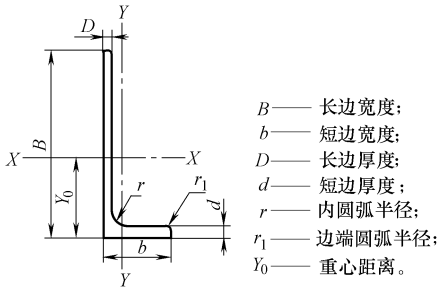


图 7-7　热轧 L 型钢截面图

表 7-39　L 型钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性（GB/T 706—2008）

型　　号	截面尺寸/mm						截面面积/cm²	理论质量/(kg/m)	惯性矩 I_x/cm⁴	重心距离 Y_0/cm
	B	b	D	d	r	r_1				
L250×90×9×13	250	90	9	13	15	7.5	33.4	26.2	2190	8.64
L250×90×10.5×15			10.5	15			38.5	30.3	2510	8.76
L250×90×11.5×16			11.5	16			41.7	32.7	2710	8.90
L300×100×10.5×15	300	100	10.5	15			45.3	35.6	4290	10.6
L300×100×11.5×16			11.5	16			49.0	38.5	4630	10.7
L350×120×10.5×16	350	120	10.5	16	20	10	54.9	43.1	7110	12.0
L350×120×11.5×18			11.5	18			60.4	47.4	7780	12.0
L400×120×11.5×23	400	120	11.5	23			71.6	56.2	11900	13.3
L400×120×11.5×25	450	120	11.5	25			79.5	62.4	16800	15.1
L500×120×12.5×33	500	120	12.5	33			98.6	77.4	25500	16.5
L500×120×13.5×35			13.5	35			105.0	82.8	27100	16.6

5. 钢丝

低碳钢丝的直径及力学性能见表7-40，电镀锌钢丝的直径和力学性能见表7-41。

表7-40 低碳钢丝的直径及力学性能（YB/T 5294—2006）

公称直径/mm	R_m/MPa					180°弯曲试验(次)		断后伸长率(%)(标距100mm)	
	冷拉普通钢丝	制钉用钢丝	建筑用钢丝	退火钢丝	镀锌钢丝	冷拉普通钢丝	建筑用钢丝	建筑用钢丝	镀锌钢丝
≤0.30	≤980	—	—	295～540	295～540	①	—	—	≥10
>0.30～0.80	≤980	—	—				—	—	
>0.80～1.20	≤980	880～1320	—			≥6	—	—	≥12
>1.20～1.80	≤1060	785～1220	—				—	—	
>1.80～2.50	≤1010	735～1170	—				—	—	
>2.50～3.50	≤960	685～1120	≥550			≥4	≥4	≥2	
>3.50～5.00	≤890	590～1030	≥550						
>5.00～6.00	≤790	540～930	≥550						
>6.00	≤690	—	—						

① 直径不大于0.80mm的冷拉普通钢丝用打结拉伸试验代替弯曲试验。打结钢丝进行拉伸试验时所能承受的拉力不低于不打结破断拉力的50%。

表7-41 电镀锌钢丝的直径和力学性能

公称直径/mm	R_m/MPa	断后伸长率(%)(标距100mm)
0.20,0.22,0.25,0.28,0.30,0.35,0.40,0.45,0.50,0.55,0.60,0.70,0.80,0.90,1.00,1.20,1.40,1.60,1.80,2.00,2.20,2.50,2.80,3.00,3.50,4.00,4.50,5.00,5.50,6.00	295～540 (退火或镀锌)	镀锌钢丝 直径≤0.3～0.8,A≥10% 直径>0.8～6.0,A≥12%

7.2 有色金属

7.2.1 铜和铜合金

7.2.1.1 铸造铜合金

合金牌号按GB 8063—1994《非铁合金牌号表示方法》的规定执行。

合金名称按GB 8063—1994中合金名义质量分数命名。如5-5-5锡青铜、38黄铜、25-6-3-3铝黄铜等。

铸造方法代号：S——砂型铸造；J——金属型铸造；La——连续铸造；Li——离心铸造。

铸造铜合金的主要特性和应用见表7-42。其力学性能见表7-43。

表7-42 铸造铜合金的主要特性和应用

序号	合金牌号	主要特性	应用举例
1	ZCuSn3Zn8Pb6Ni1	耐磨性较好,易加工,铸造性能好,气密性较好,耐腐蚀,可在流动海水下工作	在各种液态燃料以及海水、淡水和蒸汽(≤225℃)中工作的零件,压力不大于2.5MPa的阀门和管配件
2	ZCuSn3Zn11Pb4	铸造性能好,易加工,耐腐蚀	海水、淡水、蒸汽中,压力不大于2.5MPa的管配件

（续）

序号	合金牌号	主要特性	应用举例
3	ZCuSn5Pb5Zn5	耐磨性和耐蚀性好，易加工，铸造性能和气密性较好	在较高负荷，中等滑动速度下工作的耐磨、耐腐蚀零件，如轴瓦、衬套、缸套、活塞离合器、泵件压盖以及蜗轮等
4	ZCuSn10Pb1	硬度高，耐磨性极好，不易产生咬死现象，有较好的铸造性能和可加工性，在大气和淡水中有良好的耐蚀性	可用于高负荷（20MPa 以下）和高滑动速度（8m/s）下工作的耐磨零件，如连杆、衬套、轴瓦、齿轮、蜗轮等
5	ZCuSn10Pb5	耐腐蚀，特别对稀硫酸、盐酸和脂肪酸	结构材料，耐蚀、耐酸的配件以及破碎机衬套、轴瓦
6	ZCuSn10Zn2	耐蚀性、耐磨性和可加工性好，铸造性能好，铸件致密性较高，气密性较好	在中等及较高负荷和小滑动速度下工作的重要管配件以及阀、旋塞、泵体、齿轮、叶轮和蜗轮等
7	ZCuPb10Sn10	润滑性能、耐磨性能和耐蚀性好，适合用作双金属铸造材料	表面压力高，又存在侧压力的滑动轴承，如轧辊、车辆用轴承、负荷峰值 60MPa 的受冲击的零件，以及最高峰值达 100MPa 的内燃机双金属轴瓦，以及活塞销套、摩擦片等
8	ZCuPb15Sn8	在缺乏润滑剂和用水质润滑剂条件下，滑动性和自润滑性能好，易切削，铸造性能差，对稀硫酸耐蚀性能好	表面压力高，又有侧压力的轴承，可用来制造冷轧机的铜冷却管，耐冲击负荷达 50MPa 的零件，内燃机的双金属轴瓦，主要用于最大负荷达 70MPa 的活塞销套，耐酸配件
9	ZCuPb17Sn4Zn4	耐磨性和自润滑性能好，易切削，铸造性能差。	一般耐磨件，高滑动速度的轴承等
10	ZCuPb20Sn5	有较高的滑动性能，在缺乏润滑介质和以水为润滑介质时有特别好的自润滑性能，适用于双金属铸造材料，耐硫酸腐蚀，易切削，铸造性能差	高滑动速度的轴承，及破碎机、水泵、冷轧机轴承，负荷达 40MPa 的零件，抗腐蚀零件，双金属轴承，负荷达 70MPa 的活塞销套
11	ZCuPb30	有良好的自润滑性，易切削，铸造性能差，易产生偏析	要求高滑动速度的双金属轴瓦、减磨零件等
12	ZCuAl8Mn13Fe3	具有很高的强度和硬度，良好的耐磨性能和铸造性能，合金致密性高，耐蚀性好，作为耐磨件工作温度不高于 400℃，可以焊接，不易钎焊	适用于制造重型机械用轴套，以及要求强度高、耐磨、耐压零件，如衬套、法兰、阀体、泵体等
13	ZCuAl8Mn13Fe3Ni2	有很高的力学性能，在大气、淡水和海水中均有良好的耐蚀性，腐蚀疲劳强度高，铸造性能好，合金组织致密，气密性好，可以焊接，不易钎焊	要求强度高耐腐蚀的重要铸件，如船舶螺旋桨、高压阀体、泵体、以及耐压、耐磨零件，如蜗轮、齿轮、法兰、衬套等
14	ZCuAl9Mn2	有很高的力学性能，在大气、淡水和海水中耐蚀性好，铸造性能好，组织致密，气密性高，耐磨性好，可以焊接，不易钎焊	耐蚀、耐磨零件、形状简单的大型铸件，如衬套、齿轮、蜗轮，以及在 250℃以下工作的管配件和要求气密性高的铸件，如增压器内气封
15	ZCuAl9Fe4Ni4Mn2	有很高的力学性能，在大气、淡水和海水中均有优良的耐蚀性，腐蚀疲劳强度高，耐磨性良好，在 400℃以下具有耐热性，可以热处理，焊接性好，不易钎焊，铸造性能尚好	要求强度高、耐蚀性好的重要铸件，是制造船舶螺旋桨的主要材料之一，也可用作耐磨和 400℃以下工作的零件，如轴承、齿轮、蜗轮、螺母、法兰、阀体、导向管等
16	ZCuAl10Fe3	具有高的力学性能，耐磨性和耐蚀性好，可以焊接，不易钎焊，大型铸件自 700℃空冷可以防止变脆	要求强度高、耐磨、耐蚀的重型铸件，如轴套、螺母、蜗轮以及 250℃以下工作的管配件

（续）

序号	合金牌号	主要特性	应用举例
17	ZCuAl10 Fe3Mn2	具有高的力学性能和耐磨性，可热处理，高温下耐蚀性和抗氧化性能好，在大气、淡水和海水中的耐蚀性好，可以焊接，不易钎焊，大型铸件自700℃空冷可以防止变脆	要求强度高、耐磨、耐蚀的零件，如齿轮、轴承、衬套、管嘴，以及耐热管配件等
18	ZCuZn38	具有优良的铸造性能和较高的力学性能，可加工性好，可以焊接，耐蚀性较好，有应力腐蚀开裂倾向	一般结构件和耐蚀零件，如法兰、阀座、支架、手柄和螺母等
19	ZCuZn25Al6Fe3Mn3	有很高的力学性能，铸造性能良好，耐蚀性较好，有应力腐蚀开裂倾向，可以焊接	适用高强、耐磨零件，如桥梁支承板、螺母、螺杆、耐磨板、滑块和蜗轮等
20	ZCuZn26Al4Fe3Mn3	有很高的力学性能，铸造性能良好，在空气、淡水和海水中的耐蚀性较好，可以焊接	要求强度高，耐蚀零件
21	ZCuZn31Al2	铸造性能良好，在空气、淡水和海水中的耐蚀性较好，易切削，可以焊接	适用于压力铸造，如电机、仪表等压铸件，以及造船和机械制造业的耐蚀零件
22	ZCuZn35Al2Mn2Fe1	具有高的力学性能和良好的铸造性能，在大气、淡水和海水中有较好的耐蚀性，可加工性好，可以焊接	管路配件和要求不高的耐磨件
23	ZCuZn38Mn2Pb2	有较高的力学性能和耐蚀性，耐磨性较好，可加工性良好	一般用途的结构件、船舶、仪表等适用的外形简单的铸件，如套筒、衬套、轴瓦、滑块等
24	ZCuZn40Mn2	有较高的力学性能和耐蚀性，铸造性能好，受热时组织稳定	在空气、淡水、海水、蒸汽（小于300℃）和各种液体燃料中工作的零件和阀体、阀杆、泵、管接头，以及需要浇注巴氏合金和镀锡零件等
25	ZCuZn40Mn3Fe1	有较高的力学性能，良好的铸造性能和可加工性，在空气、淡水和海水中有耐蚀性较好，有应力腐蚀开裂倾向	耐海水腐蚀的零件，以及300℃以下工作的管配件，制造船舶螺旋桨等大型铸件
26	ZCuZn33Pb2	结构材料，给水温度为90℃时抗氧化性能好，电导率约为10～14ms/m	煤气和给水设备的壳体，机器制造业，电子技术，精密仪器和光学仪器的部分构件和配件
27	ZCuZn40Pb2	有好的铸造性能和耐磨性，可加工性能好，耐蚀性较好，在海水中有应力腐蚀倾向	一般用途的耐磨，耐蚀零件，如轴套、齿轮等
28	ZCuZn16Si4	具有较高的力学性能和良好的耐蚀性，铸造性能好，流动性高，铸件组织致密，气密性好	接触海水工作的管配件以及水泵、叶轮、旋塞和在空气、淡水、油、燃料，以及工作压力在4.5MPa和250℃以下蒸汽中工作的铸件

表 7-43　铸造铜合金的力学性能（GB/T 1176—2013）

序号	合金牌号	铸造方法	室温力学性能，不低于			
			抗拉强度 R_m/MPa	屈服强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率 A(%)	布氏硬度 HBW
1	ZCu99	S	150	40	40	40
2	ZCuSn3Zn8Pb6Ni1	S	175		8	60
		J	215		10	70
3	ZCuSn3Zn11Pb4	S、R	175		8	60
		J	215		10	60
4	ZCuSn5Pb5Zn5	S、J、R	200	90	13	60*
		Li、La	250	100	13	65*

（续）

序号	合金牌号	铸造方法	室温力学性能，不低于			
			抗拉强度 R_m/MPa	屈服强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率 A(%)	布氏硬度 HBW
5	ZCuSn10P1	S、R	220	130	3	80*
		J	310	170	2	90*
		Li	330	170	4	90*
		La	360	170	6	90*
6	ZCuSn10Pb5	S	195		10	70
		J	245		10	70
7	ZCuSn10Zn2	S	240	120	12	70*
		J	245	140	6	80*
		Li、La	270	140	7	80*
8	ZCuPb9Sn5	La	230	110	11	60
9	ZCuPb10Sn10	S	180	80	7	65*
		J	220	140	5	70*
		Li、La	220	110	6	70*
10	ZCuPb15Sn8	S	170	80	5	60*
		J	200	100	6	65*
		Li、La	220	100	8	65*
11	ZCuPb17Sn4Zn4	S	150		5	55
		J	175		7	60
12	ZCuPb20Sn5	S	150	60	5	45*
		J	150	70	6	55*
		La	180	80	7	55*
13	ZCuPb30	J				25
14	ZCuAl8Mn13Fe3	S	600	270	15	160
		J	650	280	10	170
15	ZCuAl8Mn13Fe3Ni2	S	645	280	20	160
		J	670	310	18	170
16	ZCuAl8Mn14Fe3Ni2	S	735	280	15	170
17	ZCuAl9Mn2	S、R	390	150	20	85
		J	440	160	20	95
18	ZCuAl8Be1Col	S	647	280	15	160
19	ZCuAl9Fe4Ni4Mn2	S	630	250	16	160
20	ZCuAl10Fe4Ni4	S	539	200	5	155
		J	588	235	5	166
21	ZCuAl10Fe3	S	490	180	13	100*
		J	540	200	15	110*
		Li、La	540	200	15	110*
22	ZCuAl10Fe3Mn2	S、R	490		15	110
		J	540		20	120
23	ZCuZn38	S	295	95	30	60
		J	295	95	30	70
24	ZCuZn21Al5Fe2Mn2	S	608	275	15	160

（续）

序号	合金牌号	铸造方法	室温力学性能，不低于			
			抗拉强度 R_m/MPa	屈服强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率 A(%)	布氏硬度 HBW
25	ZCuZn25Al6Fe3Mn3	S	725	380	10	160*
		J	740	400	7	170*
		Li、La	740	400	7	170*
26	ZCuZn26Al4Fe3Mn3	S	600	300	18	120*
		J	600	300	18	130*
		Li、La	600	300	18	130*
27	ZCuZn31Al2	S、R	295		12	80
		J	390		15	90
28	ZCuZn35Al2Mn2Fe2	S	450	170	20	100*
		J	475	200	18	110*
		Li、La	475	200	18	110*
29	ZCuZn38Mn2Pb2	S	245		10	70
		J	345		18	80
30	ZCuZn40Mn2	S、R	345		20	80
		J	390		25	90
31	ZCuZn40Mn3Fe1	S、R	440		18	100
		J	490		15	110
32	ZCuZn33Pb2	S	180	70	12	50*
33	ZCuZn40Pb2	S、R	220	95	15	80*
		J	280	120	20	90*
34	ZCuZn16Si4	S、R	345	180	15	90
		J	390		20	100
35	ZCuNi10Fe1Mn1	S、J、Li、La	310	170	20	100
36	ZCuNi30Fe1Mn1	S、J、Li、La	415	220	20	140

注：有“*”符号的数据为参考值。

7.2.1.2 加工用铜合金（表 7-44～表 7-46）

表 7-44 加工用铜的性能特点与用途

牌号	性能特点	用途举例
T1 T2	有良好的导电、导热、耐蚀和可加工性，含降低导电、导热性的杂质较少，可以焊接和钎焊，但微量的氧易引起“氢病”，因此不宜在高于 370℃ 环境中加工（如退火焊接等）和使用	常用作导电、导热、耐蚀器材，如电线、电缆、蒸发器、储藏器等。
T3	与 T1、T2 相比，含降低导电、导热的杂质多，含氧量更高，更易引起“氢病”，不能在高温还原性环境中应用、加工	仅用作一般铜材，如电气开关、垫、钉、油管及其他管道
TP1 TP2	焊接、冷弯性能好，可在还原性环境中加工、使用，但不宜在氧化环境中加工、使用，TP1 的导电、导热性比 TP2 好	主要以管材供应，偶尔也有以棒、板、带、线供应，多用来制造各种输送管、冷凝管、蒸发器、换热器
TAg0.1	具有很好的耐磨性、电接触性和耐蚀性，银的作用可提高再结晶温度和蠕变强度，在实际应用中，多以冷作硬化方式提高强度	用作耐热、耐磨导电器材，如：导线、通信线、电机换向器片、发电机转子用导体、电子管材料等

表 7-45 加工用铜合金的化学成分和力学性能

牌号		主要化学成分(质量分数,%)					力学性能										
								板(带)			管			棒			
		Cu + Ag	Sn	Pb	P	Zn	制造方法	材料状态	R_m/MPa	A(%)	材料状态	R_m/MPa	A(%)	材料状态	直径/mm	R_m/MPa	A(%)
									≥			≥				≥	
黄铜	H62	Cu60.5 ~ 63.5	Fe0.15	≤0.08	—	余量	冷轧或拉制	M	290	35	M	300	43	Y2	5 ~ 40	370	15
								Y2	350 ~ 470	20							
								Y	410 ~ 630	10	Y	440	—		>40 ~ 80	335	20
								T	585	2.5	Y2	370	18				
							热轧或挤制	R	290	30	R	295	38	R	10 ~ 160	295	30
	H68	Cu67.0 ~ 70.0	Fe0.10	≤0.03	—	余量	冷轧或拉制	M	290	40	M	280	43	Y2	5 ~ 12	370	15
								Y2	340 ~ 460	25					>12 ~ 40	315	25
								Y	390 ~ 530	10	Y	420	—		>40 ~ 80	295	30
								T	490	3	Y2	370	18	R	16 ~ 80	295	40
							热轧或挤制	R	290	40	—	—	30		>80 ~ 120	—	—
	HPb59-1	57.0 ~ 60.0		0.8 ~ 1.9		余量	冷轧或拉制	M	340	25	M	340	35	Y2	5 ~ 20	420	10
								Y2	390 ~ 490	12	Y2	410	15		>20 ~ 40	390	12
								Y	440	5	Y	470	—		>40 ~ 80	370	16
							热轧或挤制	R	370	18	H	390	20	R	10 ~ 160	365	18
	HSn62-1	61.0 ~ 63.0	Fe0.10	≤0.1		余量	冷轧或拉制	M	295	35	M	295	35	Y	5 ~ 40	390	15
								Y	390	5	Y2	370	20		>40 ~ 60	360	20
											Y	455	—	R	10 ~ 120	365	20
							热轧或挤制	R	340	20					>120 ~ 160	—	—
青铜	QAl9-4	余量	Al8.0 ~ 10.0	Fe2.0 ~ 4.0	≤0.01	≤1	拉制							Y	5 ~ 40	580	12
							冷轧或挤制	Y	585(635)	—	8	490	15	R	10 ~ 120	540	15
															>120 ~ 160	450	12

（续）

牌号		主要化学成分（质量分数，%）					力学性能										
		Cu + Ag	Sn	Pb	P	Zn	制造方法	板（带）			管			棒			
								材料状态	R_m/MPa	A（%）	材料状态	R_m/MPa	A（%）	材料状态	直径/mm	R_m/MPa	A（%）
									≥			≥				≥	
青铜	QAl10-3-1.5	余量	Al8.5～10.0	Fe2.0～4.0	Mn1.0～2.0	≤0.5	拉制							Y	5～40	630	16
							挤制				R	590	12	R	10～16	610	8
															>16～160	590	12
	QSn6.5-0.1	余量	6.0～7.0	≤0.02	0.1～0.25	≤0.3	冷轧或拉制	M	290	40				Y	5～12	470	11
								Y2	440～570	8（10）					>12～25	440	13
								Y	540～690	5（8）					>25～40	410	15
								T	640	1（5）							
							热轧或挤制	R	290	38							
	QSn6.5-0.4	余量	6.0～7.0	≤0.02	0.26～0.4	≤0.3	冷轧或拉制	M	295	40				R	30～40	355	50
								Y	540～690	8					>40～100	345	55
								T	665	2					>100～120	305	58
	QSn4-3	余量	3.5～4.5	≤0.02	≤0.03	2.7～3.3	冷轧或拉制	M	290	40				Y	5～12	430	10
								Y	540～690	3					>12～25	375	15
								T	635	2					>25～35	335	16
															>35～40	315	16
							挤制							R	40～120	275	25
	QSi3-1	余量	0.25	Si2.7～3.5	Mn1.0～1.5	≤0.5	冷轧或拉制	M	370	45				Y	5～12	490	10
								Y	635～785	5					>12～40	470	15
								T	735	2							
							挤制							R	20～100	345	20
															>100～160	—	—

注：板材制造方法分为热轧、冷轧两种；带材为冷轧；管、棒材分拉制和挤制两种。

表 7-46　加工用铜合金的特性和用途

组别	牌号	特性与用途
普通黄铜	H96	强度比纯铜高(但在普通黄铜中,它是最低的),导热、导电性好,在大气和淡水中有高的耐蚀性,且有良好的塑性,易于冷、热压力加工,易于焊接、锻造和镀锡,无应力腐蚀破裂倾向。在一般机械制造中用于导管、冷凝管、散热器管、散热片、汽车散热器带以及导电零件等
	H90	性能和 H96 相似,但强度较 H96 稍高,可镀金属及涂敷珐琅。用于供水及排水管、奖章、艺术品、汽车散热器带以及双金属片
	H85	具有较高的强度,塑性好,能很好地承受冷、热压力加工,焊接性和耐蚀性也都良好。用于冷凝和散热用管、虹吸管、蛇形管、冷却设备制件
	H80	性能和 H85 近似,但强度较高,塑性也较好,在大气、淡水及海水中有较高的耐蚀性。用于造纸网、薄壁管、波纹管及房屋建筑用品
	H75	有相当好的力学性能、工艺性能和耐蚀性。能很好地在热态和冷态下压力加工。在性能和经济性上居于 H80、H70 之间。用于低载荷耐蚀弹簧
	H70 H68	有极为良好的塑性(是黄铜中最佳者)和较高的强度,可加工性好,易焊接,对一般腐蚀非常安定、但易产生腐蚀开裂。H68 是普通黄铜中应用最为广泛的一个品种。用于复杂的冷冲件和深冲件,如散热器外壳、导管、波纹管、弹壳、垫片、雷管等
	H65	性能介于 H68 和 H62 之间,价格比 H68 便宜,也有较高的强度和塑性,能良好地承受冷、热压力加工,有腐蚀破裂倾向。用于小五金、日用品、小弹簧、螺钉、铆钉和机械零件
	H63	适用于在冷态下压力加工,宜于进行焊接和钎焊。易抛光,是进行拉丝、轧制、弯曲等成形的主要合金。用于螺钉、酸洗用的圆辊等
	H62	有良好的力学性能,热态下塑性好,冷态下塑性尚可,可加工性好,易钎焊和焊接,耐蚀,但易产生腐蚀破裂。价格便宜,是应用广泛的一个普通黄铜品种。用于各种深拉深和弯折制造的受力零件、如销钉、铆钉、垫圈、螺母、导管、气压表弹簧、筛网、散热器零件等
	H59	价格最便宜,强度、硬度高而塑性差,但在热态下仍能很好地承受压力加工,耐蚀性一般,其他性能和 H62 相近。用于一般机器零件、焊接件、热冲及热轧零件
铅黄铜	HPb74-3	含铅量高的铅黄铜,一般不进行热加工,因有热脆倾向。有好的可加工性。用于钟表、汽车、拖拉机零件以及一般机器零件
	HPb64-2 HPb63-3	含铅量高的铅黄铜,不能热态加工,可加工性极为优良,且有高的减摩性能,其他性能和 HPb59-1 相似。主要用于钟表结构零件,也用于汽车、拖拉机零件
	HPb60-1	有好的可加工性和较高的强度,其他性能同 HPb59-1。用于结构零件
	HPb59-1 HPb59-1A	是应用较广泛的铅黄铜,它的特点是可加工性好,有良好的力学性能,能承受冷、热压力加工,易钎焊和焊接,对一般腐蚀有良好的稳定性,但有腐蚀破裂倾向,HPb59-1A 杂质含量较高,用于比较次要的制件。适于以热冲压和切削加工制作的各种结构零件,如螺钉、垫圈、垫片、衬套、螺母、喷嘴等
	HPb61-1	可加工性良好,热加工性极好。主要用于自动切削零件
锡黄铜	HSn90-1	力学性能和工艺性能极近似于 H90 普通黄铜,但有高的耐蚀性和减摩性,目前只有这种锡黄铜可作为耐磨合金使用。用于汽车拖拉机弹性套管及其他耐蚀减摩零件
	HSn70-1	是典型的锡黄铜,在大气、蒸汽、油类和海水中有高的耐蚀性,且有良好的力学性能,可加工性尚可,易焊接和钎焊,在冷、热状态下压力加工性好,有腐蚀破裂(季裂)倾向。用于海轮上的耐蚀零件(如冷凝气管),与海水、蒸汽、油类接触的导管,热工设备零件
	HSn62-1	在海水中有高的耐蚀性,有良好的力学性能,冷加工时有冷脆性,只适于热压加工,可加工性好,易焊接和钎焊,但有腐蚀破裂(季裂)倾向。用于与海水或汽油接触的船舶零件或其他零件
	HSn60-1	性能与 HSn62-1 相似,主要产品为线材。用于船舶焊接结构用的焊条
铝黄铜	HAl77-2	是典型的铝黄铜,有高的强度和硬度,塑性良好,可在热态及冷态下进行压力加工,对海水及盐水有良好的耐蚀性,并耐冲击腐蚀,但有脱锌及腐蚀破裂倾向、在船舶和海滨热电站中用于冷凝管以及其他耐蚀零件
	HAl77-2A HAl77-2B	性能、成分与 HAl77-2 相似,因加入了少量的砷、锑,提高了对海水的耐蚀性,又因加入少量的铍,力学性能也有所改进。用途同 HAl77-2
	HAl70-1.5	性能与 HAl77-2 接近,但加入少量的砷,提高了对海水的耐蚀性,腐蚀破裂倾向减轻,并能防止黄铜在淡水中脱锌。在船舶和海滨热电站中用于冷凝管以及其他耐蚀零件

（续）

组别	牌号	特性与用途
铝黄铜	HAl67-2.5	在冷、热态下能良好地承受压力加工，耐磨性好，对海水的耐蚀性尚可，对腐蚀破裂敏感，钎焊和镀锡性能不好。用于船舶耐蚀零件
	HAl60-1-1	具有高的强度，在大气、淡水和海水中耐蚀性好，但对腐蚀破裂敏感，在热态下压力加工性好，冷态下可塑性低。用于要求耐蚀的结构零件，如齿轮、蜗轮、衬套、轴等
	HAl59-3-2	具有高的强度；耐蚀性是所有黄铜中最好的，腐蚀破裂倾向不大，冷态下塑性低，热态下压力加工性好。用于发动机和船舶业及其他在常温下工作的高强度耐蚀件
	HAl66-6-3-2	为耐磨合金，具有高的强度、硬度和耐磨性，耐蚀性也较好，但有腐蚀破裂倾向，塑性较差。为铸造黄铜的移植品种。用于重负荷下工作中固定螺钉的螺母及大型蜗杆；可作铝青铜 QAl10-4-4 的代用品
锰黄铜	HMn58-2	在海水和过热蒸汽、氯化物中有高的耐蚀性，但有腐蚀破裂倾向；力学性能良好，导热、导电性低，易于在热态下进行压力加工，冷态下压力加工性尚可，是应用较广的黄铜品种。用于腐蚀条件下工作的重要零件和弱电流工业用零件
	HMn57-3-1	强度、硬度高，塑性低，只能在热态下进行压力加工；在大气、海水、过热蒸汽中的耐蚀性比一般黄铜好，但有腐蚀破裂倾向。用于耐蚀结构零件
	HMn55-3-1	性能和 HMn57-3-1 接近，为铸造黄铜的移植品种。用于耐蚀结构零件
铁黄铜	HFe59-1-1	具有高的强度、韧性，减摩性能良好，在大气、海水中的耐蚀性高，但有腐蚀破裂倾向，热态下塑性良好。用于在摩擦和受海水腐蚀条件下工作的结构零件
	HFe58-1-1	强度、硬度高，可加工性好，但塑性下降，只能在热态下压力加工，耐蚀性尚好，有腐蚀破裂倾向。适于用热压和切削加工法制作高强度耐蚀零件
硅黄铜	HSi80-3	有良好的力学性能，耐蚀性高，无腐蚀破裂倾向，耐磨性亦可，在冷、热态下压力加工性好，易焊接和钎焊，可加工性好。导热、导电性是黄铜中最低的。用于船舶零件、蒸汽管和水管配件
	HSi65-1.5-3	强度高，耐蚀性好，在冷态和热态下能很好地进行压力加工，易于焊接和钎焊，有很好的耐磨和可加工性，但有腐蚀破裂倾向，为耐磨锡青铜的代用品，用于在腐蚀和摩擦条件下工作的高强度零件
镍黄铜	HNi65-5	有高的耐蚀性和减摩性，良好的力学性能，在冷态和热态下压力加工性能极好，对脱锌和“季裂”比较稳定，导热导电性低。因镍的价格较贵，故 HNi65-5 一般用得不多。用于压力表管、造纸网、船舶用冷凝管等，可作锡磷青铜和德银的代用品
锡青铜	QSn4-3	为含锌的锡青铜。有高的耐磨性和弹性，抗磁性良好，能很好地承受热态或冷态压力加工；在硬态下，切削性好，易焊接和锌焊，在大气、淡水和海水中耐蚀性好。用于弹簧（扁弹簧、圆弹簧）及其他弹性元件，化工设备上的耐蚀零件以及耐磨零件（如衬套、圆盘、轴承等）和抗磁零件，造纸工业用的刮刀
	QSn4-4-2.5 QSn4-4-4	为添加有锌、铅合金元素的锡青铜。有高的减摩性和良好的切削性，易于焊接和锌焊，在大气、淡水中具有良好的耐蚀性；只能在冷态进行压力加工，因含铅，热加工时易引起热脆。用于在摩擦条件下工作的轴承、卷边轴套、衬套、圆盘以及衬套的内垫等。QSn4-4-4 使用温度可达 300℃以下，是一种热强性较好的锡青铜
	QSn6.5-0.1	为锡青铜。有高的强度、弹性、耐磨性和抗磁性，在热态和冷态下压力加工性良好，对电火花有较高的抗燃性，可焊接和钎焊，可加工性好，在大气和淡水中耐蚀。用于弹簧和导电性好的弹簧接触片，精密仪器中的耐磨零件和抗磁零件，如齿轮、电刷盒、振动片、接触器
	QSn6.5-0.4	为锡青铜。性能、用途和 QSn6.5-0.1 相似，因含磷量较高。其疲劳极限较高，弹性和耐磨性较好，但在热加工时有热脆性，只能接受冷压力加工。除用于弹簧和耐磨零件外，主要用于造纸工业制作耐磨的铜网和单位载荷小于 $1000N/cm^2$、圆周速度小于 3m/s 的条件下工作的零件
	QSn7-0.2	为锡青铜。强度高，弹性和耐磨性好，易焊接和钎焊，在大气、淡水和海水中耐蚀性好，可加工性良好，适于热压加工。用于中等负荷、中等滑动速度下承受摩擦的零件，如抗磨垫圈、轴承、轴套、蜗轮等，还可用于弹簧、簧片等
	QSn4-0.3	为锡青铜。有高的力学性能、耐蚀性和弹性，能很好地在冷态下承受压力加工，也可在热态下进行压力加工。主要用于压力计弹簧用的各种尺寸的管材

（续）

组别	牌号	特性与用途
铝青铜	QAl5	为不含其他元素的铝青铜。有较高的强度、弹性和耐磨性；在大气、淡水、海水和某些酸中耐蚀性高，可电焊、气焊，不易钎焊，能很好地在冷态或热态下承受压力加工，不能淬火回火强化。用于弹簧和其他要求耐蚀的弹性元件、齿轮摩擦轮、蜗轮传动机构等，可作为 QSn6.5-0.4、QSn4-3 和 QSn4-4-4 的代用品
	QAl7	性能、用途和 QAl5 相似，因含铝量稍高，其强度较高。用途同 QAl5
	QAl9-2	为含锰的铝青铜。具有高的强度，在大气、淡水和海水中耐蚀性很好，可以电焊和气焊，不易钎焊，在热态和冷态下压力加工性均好。用于高强度耐蚀零件以及在 250℃以下蒸汽介质中工作的管配件和海轮上零件
	QAl9-4	为含铁的铝青铜。有高的强度和减摩性，良好的耐蚀性，热态下压力加工性良好，可电焊和气焊，但钎焊性不好，可作为高锡耐磨青铜的代用品。用于在高负荷下工作的抗磨、耐蚀零件，如轴承、轴套、齿轮、蜗轮、阀座等，也可用于双金属耐磨零件
	QAl10-3-1.5	为含有铁、锰元素的铝青铜。有高的强度和耐磨性，经淬火回火后可提高硬度，有较好的高温耐蚀性和抗氧化性，在大气、淡水和海水中耐蚀性很好，可加工性尚可，可焊接，不易钎焊，热态下压力加工性良好。用于高温条件下工作的耐磨零件和各种标准件，如齿轮、轴承、衬套、圆盘、导向摇臂、飞轮、固定螺母等。可代替高锡青铜制作重要机件
	QAl10-4-4	为含有铁、镍元素的铝青铜。属于高强度耐热青铜，高温（400℃）下力学性能稳定，有良好的减摩性，在大气、淡水和海水中耐蚀性很好，热态下压力加工性良好，可热处理强化，可焊接，不易钎焊，可加工性尚好。用于高强度的耐磨零件和高温（400℃）下工作的零件，如轴衬、轴套、齿轮、球形座、螺母、法兰盘、滑座等以及其他各种重要的耐蚀、耐磨零件
	QAl11-6-6	成分、性能和 QAl10-4-4 相近。用于高强度耐磨零件和在 500℃下工作的高温耐蚀、耐磨零件
铍青铜	QBe2	为含有少量镍的铍青铜。是力学、物理、化学综合性能良好的一种合金。经淬火调质后，具有高的强度、硬度、弹性、耐磨性、疲劳极限和耐热性；同时还具有高的导电性、导热性和耐寒性；无磁性，碰击时无火花，易于焊接和钎焊，在大气、淡水和海水中耐蚀性极好。用于各种精密仪表、仪器中的弹簧和弹性元件，各种耐磨零件以及在高速、高压和高温下工作的轴承、衬套
	QBe2.15	为不含其他合金元素的铍青铜。性能和 QBe2 相似，但强度、弹性、耐磨性比 QBe2 稍高，韧性和塑性稍低，对较大型铍青铜制件的调质工艺性能不如 QBe2 好。用途同 QBe2
	QBe1.7 QBe1.9 QBe1.9-0.1	为含有少量镍、钛的铍青铜。具有和 QBe2 相近的特性，其优点是弹性迟滞小、疲劳极限高，温度变化时弹性稳定，性能对时效温度变化的敏感性小，价格较低廉，而强度和硬度比 QBe2 降低甚少。QBe1.9-0.1 尤其具有不产生火花的特点。用于各种重要用途弹簧、精密仪表的弹性元件、敏感元件以及承受高变向载荷的弹性元件，可代替 QBe2 及 QBe2.15 等牌号的铍青铜
硅青铜	QSi1-3	为含有锰、镍元素的硅青铜。具有高的强度，相当好的耐磨性，能热处理强化，淬火回火后强度和硬度大大提高，在大气、淡水和海水中有较高的耐蚀性，焊接性和可加工性良好。用于在 300℃以下，润滑不良、单位压力不大的工作条件下的摩擦零件（如发动机排气和排气门的导向套）以及在腐蚀介质中工作的结构零件
	QSi3-1	为添加有锰的硅青铜。有高的强度、弹性和耐磨性，塑性好，低温下仍不变脆；能良好地与青铜、钢和其他合金焊接，特别是钎焊性好；在大气、淡水和海水中的耐蚀性高，对于苛性钠及氯化物的作用也非常稳定；能很好地承受冷、热压力加工，不能热处理强化，通常在退火和加工硬化状态下使用，此时有高的屈服极限和弹性。用于制作在腐蚀介质中工作的各种零件，弹簧和弹簧零件，以及蜗杆、蜗轮、齿轮、轴套、制动销和杆类等耐磨零件，也用于焊接结构中的零件，可代替重要的锡青铜，甚至铍青铜
锰青铜	QMn5	为含锰量较高的锰青铜。有较高的强度、硬度和良好的塑性，能很好地在热态及冷态下承受压力加工，有好的耐蚀性，并有高的热强性，400℃下还能保持其力学性能。用于蒸汽机零件和锅炉的各种管接头、蒸汽阀门等高温耐蚀零件
	QMn1.5	含锰量较 QMn5 低，与 QMn5 比较，强度、硬度较低，但塑性较高，其他性能相似。用途同 QMn5
镉青铜	QCd1.0	具有高的导电性和导热性，良好的耐磨性和减摩性，耐蚀性好，压力加工性能良好，时效硬化效果不显著，一般采用冷作硬化来提高强度。用于工作温度在 250℃以下的电机换向器片、电车触线和电话用软线以及电焊机的电极

（续）

组别	牌号	特性与用途
铬青铜	QCr0.5	在常温及较高温度（<400℃）下具有较高的强度和硬度，导电性和导热性好，耐磨性和减摩性也很好，经时效硬化处理后，强度、硬度、导电性和导热性均显著提高，易于焊接和钎焊，在大气和淡水中具有良好的耐蚀性，高温抗氧化性好，能很好地在冷态和热态下承受压力加工。其缺点是对缺口的敏感性较强，在缺口和尖角处造成应力集中，容易引起机械损伤，故不宜制作换向器片。用于工作温度在350℃以下的电焊机电极、电机换向器片以及其他各种在高温下工作的、要求有高的强度、硬度、导电性和导热性的零件，还可以双金属的形式用于制动盘和圆盘
	QCr0.5-0.2-0.1	为加有少量镁、铝的铬青铜。与QCr0.5相比，不仅进一步提高了耐热性，而且可改善缺口敏感性，其他性能和QCr0.5相似。用途同QCr0.5
锆青铜	QZr0.2 QZr0.4	为时效硬化合金。其特点是高温（<400℃）强度比其他任何高导电合金都高，并且在淬火状态下具有普通纯铜那样的塑性，其他性能和QCr0.5-0.2-0.1相似。用于工作温度在350℃以下的电机片、开关零件、导线、点焊电极等

7.2.2 铝和铝合金

7.2.2.1 铸造铝合金

1. 合金铸造方法、变质处理代号

S——砂型铸造

J——金属型铸造

R——熔模铸造

K——壳型铸造

B——变质处理

2. 合金状态代号

F——铸态

T1——人工时效

T2——退火

T4——固溶处理加自然时效

T5——固溶处理加不完全人工时效

T6——固溶处理加完全人工时效

T7——固溶处理加稳定化处理

T8——固溶处理加软化处理

3. 铸造铝合金力学性能（表7-47）

表7-47 铸造铝合金力学性能（摘自GB/T 1173—2013）

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能 ≥		
					R_m/MPa	A(%)	HBW
1	ZAlSi7Mg	ZL101	S、R、J、K	F	155	2	50
			S、R、J、K	T2	135	2	45
			JB	T4	185	4	50
			S、R、K	T4	175	4	50
			J、JB	T5	205	2	60
			S、R、K	T5	195	2	60
			SB、RB、KB	T5	195	2	60
			SB、RB、KB	T6	225	1	70
			SB、RB、KB	T7	195	2	60
			SB、RB、KB	T8	155	3	55

（续）

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能 ≥		
					R_m/MPa	A(%)	HBW
2	ZAlSi7MgA	ZL101A	S、R、K	T4	195	5	60
			J、JB	T4	225	5	60
			S、R、K	T5	235	4	70
			SB、RB、KB	T5	235	4	70
			JB、J	T5	265	4	70
			SB、RB、KB	T6	275	2	80
			JB、J	T6	295	3	80
3	ZAlSi12	ZL102	SB、JB、RB、KB	F	145	4	50
			J	F	155	2	50
			SB、JB、RB、KB	T2	135	4	50
			J	T2	145	3	50
4	ZAlSi9Mg	ZL104	S、J、R、K	F	150	2	50
			J	T1	200	1.5	65
			SB、RB、KB	T6	230	2	70
			J、JB	T6	240	2	70
5	ZAlSi5Cu1Mg	ZL105	S、J、R、K	T1	155	0.5	65
			S、R、K	T5	215	1	70
			J	T5	235	0.5	70
			S、R、K	T6	225	0.5	70
			S、J、R、K	T7	175	1	65
6	ZAlSi5Cu1MgA	ZL105A	SB、R、K	T5	275	1	80
			J、JB	T5	295	2	80
7	ZAlSi8Cu1Mg	ZL106	SB	F	175	1	70
			JB	T1	195	1.5	70
			SB	T5	235	2	60
			JB	T5	255	2	70
			SB	T6	245	1	80
			JB	T6	265	2	70
			SB	T7	225	2	60
			JB	T7	245	2	60
8	ZAlSi7Cu4	ZL107	SB	F	165	2	65
			SB	T6	245	2	90
			J	F	195	2	70
			J	T6	275	2.5	100
9	ZAlSi2Cu2Mg1	ZL108	J	T1	195	—	85
			J	T6	255	—	90
10	ZAlSi2Cu1Mg1Ni1	ZL109	J	T1	195	0.5	90
			J	T6	245	—	100
11	ZAlSi5Cu6Mg	ZL110	S	F	125	—	80
			J	F	155	—	80
			S	T1	145	—	80
			J	T1	165	—	90
12	ZAlSi9Cu2Mg	ZL111	J	F	205	1.5	80
			SB	T6	255	1.5	90
			J、JB	T6	315	2	100
13	ZAlSi7Mg1A	ZL114A	SB	T5	290	2	85
			J、JB	T5	310	3	95
14	ZAlSi5Zn1Mg	ZL115	S	T4	225	4	70
			J	T4	275	6	80
			S	T5	275	3.5	90
			J	T5	315	5	100
15	ZAlSi8MgBe	ZL116	S	T4	255	4	70
			J	T4	275	6	80
			S	T5	295	2	85
			J	T5	335	4	90

（续）

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能 ≥		
					R_m/MPa	A(%)	HBW
16	ZAlCu5Mg	ZL201	S、J、R、K	T4	295	8	70
			S、J、R、K	T5	335	4	90
			S	T7	315	2	80
17	ZAlCu5MgA	ZL201A	S、J、R、K	T5	390	8	100
18	ZAlCu4	ZL203	S、R、K	T4	195	6	60
			J	T4	205	6	60
			S、R、K	T5	215	3	70
			J	T5	225	3	70
19	ZAlCu5MnCdA	ZL204A	S	T5	440	4	100
20	ZAlCu5MnCdVA	ZL205A	S	T5	440	7	100
			S	T6	470	3	120
			S	T7	460	2	110
21	ZAlRE5Cu3Si2	ZL207	S	T1	165	—	75
			J	T1	175	—	75
22	ZAlMg10	ZL301	S、J、R	T4	280	9	60
23	ZAlMg5Si1	ZL303	S、J、R、K	F	143	1	55
24	ZAlMg8Zn1	ZL305	S	T4	290	8	90
25	ZAlZn11Si7	ZL401	S、R、K	T1	195	2	80
			J	T1	245	1.5	90
26	ZAlZn6Mg	ZL402	J	T1	235	4	70
			S	T1	215	4	65

4. 铸造铝合金主要特征和应用举例（表 7-48）

表 7-48　铸造铝合金主要特征和应用举例

合金代号	主要特征	应用举例
ZL101	铸造性能好，焊接性、耐蚀性好，强度中等	中等载荷的复杂零件，如气缸体、泵体
ZL101A	在严格限制 ZL101 合金中杂质后强度高	广泛用于大载荷零件，如飞机机体、汽车变速器壳、各种壳体
ZL102	有最好的铸造性能，强度低	用于小载荷而形状复杂的薄壁大零件，更适合压铸
ZL104	铸造性能极好，强度高，耐蚀性差	高载荷的大型零件，如气缸体、带轮
ZL105	强度、耐热性比 ZL104 好，塑性低	大载荷零件，如传动机匣、油泵壳体、轴承支座
ZL105A	限制 ZL105 合金中 Fe 含量，强度、伸长率更好	大载荷优质铸件，如曲轴箱、阀门壳体
ZL106	强度中等，气密性高、耐热性较好	形状复杂的静载荷零件，如泵体、水冷气缸头
ZL108	强度高，耐热、耐磨性好，热膨胀系数小	内燃发动机活塞、起重滑轮
ZL109	高温强度大，热膨胀系数小	典型用途是汽车、柴油机活塞
ZL111	强度、疲劳强度高，耐蚀性好	形状复杂的高载荷零件，如飞机、导弹的铸件
ZL114A	力学性能很高，且铸造性能很好	铸造形状复杂的高强度优质铸件
ZL115	铸造性能很好，力学性能较高	受力的仪表零件，高压阀门、叶轮、结构复杂的高载荷零件
ZL116	有高的力学性能，很好的气密性	高压阀门，高速转子叶片，波导管、飞机挂件
ZL201	室温、高温力学性能较高，但铸造性能较差，耐蚀性能不好	175～300℃下工作的高强、耐热零件和附件
ZL201A	控制合金中的 Fe、Si 杂质后，有很高的室温、高温强度	室温下的高载荷零件，高温下的耐热零件
ZL203	高温强度较高，铸造性能和耐蚀性不好	曲轴箱，后轴壳体，飞机、汽车零件
ZL207	高温力学性能、综合工艺性能极好、室温强度较低	300～400℃下长期工作的耐热零件，如飞机的空气分配器壳体、弯管、油门
ZL301	强度高，伸长率好，耐腐蚀，有显微疏松倾向	高载荷、耐腐蚀零件，框架、支座

（续）

合金代号	主要特征	应用举例
ZL303	综合工艺性能和耐蚀性好，易抛光，强度较低，有缩孔倾向	在腐蚀介质中工作的中等载荷零件，如海轮零件
ZL401	综合工艺性能好，强度较高，塑性低，密度大，耐蚀性差	压铸零件，飞机、汽车的形状复杂零件
ZL402	综合工艺性能好，强度较高，密度大	船舶、机床铸件，空气压缩机活塞

7.2.2.2　压铸铝合金

压铸的特点是生产率高、铸件的精度高和合金的强度、硬度高，是少、无切削加工的重要工艺；发展压铸是降低生产成本的重要途径。

压铸铝合金在汽车、拖拉机、航空、仪表、纺织、国防等工业得到了广泛的应用。

1. 压铸铝合金牌号和代号的表示方法

压铸铝合金牌号是由铝及主要合金元素的化学符号组成。主要合金元素后面跟有表示其名义质量分数的数字（名义质量分数为该元素平均质量分数的修约化整值）。在合金牌号前面冠以字母“YZ”（“Y”及“Z”分别为“压”和“铸”两字汉语拼音的第一个字母）表示为压铸合金。

合金代号中，“YL”（“Y”及“L”分别为“压”和“铝”两字汉语拼音的第一个字母）表示压铸铝合金，YL 后的第一个数字 1、2、3、4 分别表示 Al-Si、Al-Cu、Al-Mg、Al-Sn 系列合金，代表合金的代号。YL 后第二、三两个数字为顺序号。

2. 压铸铝合金的特点及应用举例（见表 7-49）

7.2.2.3　变形铝合金

1. 铝和铝合金加工产品的力学性能（见表 7-50、表 7-51）

表 7-49　压铸铝合金特点及应用举例（GB/T 15115—2009）

合金系	牌号	代号	合金特点	应用举例
Al-Si 系	YZAlSi12	YL102	共晶铝硅合金具有较好的抗热裂性能和很好的气密性，以及很好的流动性，不能热处理强化，抗拉强度低	用于承受低负载、形状复杂的薄壁铸件，如各种仪器壳体、汽车机匣、牙科设备、活塞等
Al-Si-Mg 系	YZAlSi10Mg	YL101	亚共晶铝硅合金。较好的抗腐蚀性能，较高的冲击韧度和屈服强度，但铸造性能稍差	汽车车轮罩、摩托车曲轴箱、自行车车轮、船用螺旋桨等
	YZAlSi10	YL104		
Al-Si-Cu 系	YZAlSi9Cu4	YL112	具有好的铸造性能和力学性能，很好的流动性、气密性和抗热裂性，较好的力学性能、切削加工性、抛光性和铸造性能	常用作齿轮箱、空冷气缸头、发报机机座、割草机罩子、汽车发动机零件，摩托车缓冲器、发动机零件及箱体，农机具用箱体、缸盖和缸体，3C 产品壳体，电动工具、缝纫机零件、渔具、煤气用具、电梯零件等。YL112 的典型用途为带轮、活塞和气缸头等
	YZAlSi11Cu3	YL113	过共晶铝硅合金。具有特别好的流动性、中等的气密性和好的抗热裂性，特别是具有高的耐磨性和低的热膨胀系数	主要用于发动机机体、制动蹄片、带轮、泵和其他要求耐磨的零件
	YZAlSi17Cu5Mg	YL117		
Al-Mg 系	YZAl Mg5Si1	YL302	耐蚀性能强，冲击韧度高，断后伸长率差，铸造性能差	汽车变速器的油泵壳体，摩托车的衬垫和车架的联结器，农机具的连杆、船用螺旋桨、钓鱼竿及其卷线筒等零件

表 7-50 铝和铝合金加工产品的力学性能（摘自 GB/T 3880.2—2012）

铝合金板、带材的力学性能

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
1A97 1A93	—	H112	H112	>4.50～80.00	附实测值				—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
1A90 1A85	—	H112	H112	>4.50～12.50	60	—	21	—	—	—
				>12.50～20.00			—	19	—	—
				>20.00～80.00	附实测值				—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
1080A	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	60～90	15	26	—	0t	0t
				>0.50～1.50			28	—	0t	0t
				>1.50～3.00			31	—	0t	0t
				>3.00～6.00			35	—	0.5t	0.5t
				>6.00～12.50			35	—	0.5t	0.5t
		H12	H12	>0.20～0.50	8～120	55	5	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			6	—	0t	0.5t
				>1.50～3.00			7	—	0.5t	0.5t
				>3.00～6.00			9	—	1.0t	—
		H22	H22	>0.20～0.50	80～120	50	8	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			9	—	0t	0.5t
				>1.50～3.00			11	—	0.5t	0.5t
				>3.00～6.00			13	—	1.0t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	100～140	70	4	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			4	—	0.5t	0.5t
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			6	—	1.5t	—
		H24	H24	>0.20～0.50	100～140	60	5	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			6	—	0.5t	0.5t
				>1.50～3.00			7	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			9	—	1.5t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	110～150	90	2	—	0.5t	1.0t
				>0.50～1.50			2	—	1.0t	1.0t
				>1.50～4.00			3	—	1.0t	1.0t
		H26	H26	>0.20～0.50	110～150	80	3	—	0.5t	—
				>0.50～1.50			3	—	1.0t	—
				>1.50～4.00			4	—	1.0t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	125	105	2	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			2	—	2.5t	—
		H112	H112	>6.00～12.50	70	—	20	—	—	—
				>12.50～25.00	70	—	—	20	—	—
		F	—	2.50～25.00	—	—	—	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
1070	—	O	O	>0.20～0.30	55～95	—	15	—	0t	—
				>0.30～0.50			20	—	0t	—
				>0.50～0.80			25	—	0t	—
				>0.80～1.50		15	30	—	0t	—
				>1.50～6.00			35	—	0t	—
				>6.00～12.50			35	—	—	—
				>12.50～50.00			—	30	—	—
		H12	H12	>0.20～0.30	70～100	—	2	—	0t	—
				>0.30～0.50			3	—	0t	—
				>0.50～0.80			4	—	0t	—
				>0.80～1.50		55	6	—	0t	—
				>1.50～3.00			8	—	0t	—
				>3.00～6.00			9	—	0t	—
		H22	H22	>0.20～0.30	70	—	2	—	0t	—
				>0.30～0.50			3	—	0t	—
				>0.50～0.80			4	—	0t	—
				>0.80～1.50		55	6	—	0t	—
				>1.50～3.00			8	—	0t	—
				>3.00～6.00			9	—	0t	—
		H14	H14	>0.20～0.30	85～120	—	1	—	0.5t	—
				>0.30～0.50			2	—	0.5t	—
				>0.50～0.80			3	—	0.5t	—
				>0.80～1.50		65	4	—	1.0t	—
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	—
				>3.00～6.00			6	—	1.0t	—
		H24	H24	>0.20～0.30	85	—	1	—	0.5t	—
				>0.30～0.50			2	—	0.5t	—
				>0.50～0.80			3	—	0.5t	—
				>0.80～1.50		65	4	—	1.0t	—
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	—
				>3.00～6.00			6	—	1.0t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	100～135	—	1	—	1.0t	—
				>0.50～0.80			2	—	1.0t	—
				>0.80～1.50		75	3	—	1.5t	—
				>1.50～4.00			4	—	1.5t	—
		H26	H26	>0.20～0.50	100	—	1	—	1.0t	—
				>0.50～0.80			2	—	1.0t	—
				>0.80～1.50		75	3	—	1.5t	—
				>1.50～4.00			4	—	1.5t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	120	—	1	—	—	—
				>0.50～0.80			2	—	—	—
				>0.80～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
		H112	H112	>4.50～6.00	75	35	13	—	—	—
				>6.00～12.50	70	35	15	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
1070	—	H112	H112	>12.50～25.00	60	25	—	20	—	—
				>25.00～75.00	55	15	—	25	—	—
		F	—	>2.50～150.00	—				—	—
1070A	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	60～90	15	23	—	0t	0t
				>0.50～1.50			25	—	0t	0t
				>1.50～3.00			29	—	0t	0t
				>3.00～6.00			32	—	0.5t	0.5t
				>6.00～12.50			35	—	0.5t	0.5t
				>12.50～25.00			—	32	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	80～120	55	5	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			6	—	0t	0.5t
				>1.50～3.00			7	—	0.5t	0.5t
				>3.00～6.00			9	—	1.0t	—
		H22	H22	>0.20～0.50	80～120	50	7	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			8	—	0t	0.5t
				>1.50～3.00			10	—	0.5t	0.5t
				>3.00～6.00			12	—	1.0t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	100～140	70	4	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			4	—	0.5t	0.5t
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			6	—	1.5t	—
		H24	H24	>0.20～0.50	100～140	60	5	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			6	—	0.5t	0.5t
				>1.50～3.00			7	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			9	—	1.5t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	110～150	90	2	—	0.5t	1.0t
				>0.50～1.50			2	—	1.0t	1.0t
				>1.50～4.00			3	—	1.0t	1.0t
		H26	H26	>0.20～0.50	110～150	80	3	—	0.5t	—
				>0.50～1.50			3	—	1.0t	—
				>1.50～4.00			4	—	1.0t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	125	105	2	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			2	—	2.5t	—
		H112	H112	>6.00～12.50	70	20	20	—	—	—
				>12.50～25.00		—	—	20	—	—
		F	—	2.50～150.00	—				—	—
1060	—	O	O	>0.20～0.30	60～100	15	15	—	—	—
				>0.30～0.50			18	—	—	—
				>0.50～1.50			23	—	—	—
				>1.50～6.00			25	—	—	—
				>6.00～80.00			25	22	—	—
		H12	H12	>0.50～1.50	80～120	60	6	—	—	—
				>1.50～6.00			12	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
1060	—	H22	H22	>0.50～1.50	80	60	6	—	—	—
				>1.50～6.00			12	—	—	—
		H14	H14	>0.20～0.30	95～135	70	1	—	—	—
				>0.30～0.50			2	—	—	—
				>0.50～0.80			2	—	—	—
				>0.80～1.50			4	—	—	—
				>1.50～3.00			6	—	—	—
				>3.00～6.00			10	—	—	—
		H24	H24	>0.20～0.30	95	70	1	—	—	—
				>0.30～0.50			2	—	—	—
				>0.50～0.80			2	—	—	—
				>0.80～1.50			4	—	—	—
				>1.50～3.00			6	—	—	—
				>3.00～6.00			10	—	—	—
		H16	H16	>0.20～0.30	110～155	75	1	—	—	—
				>0.30～0.50			2	—	—	—
				>0.50～0.80			2	—	—	—
				>0.80～1.50			3	—	—	—
				>1.50～4.00			5	—	—	—
		H26	H26	>0.20～0.30	110	75	1	—	—	—
				>0.30～0.50			2	—	—	—
				>0.50～0.80			2	—	—	—
				>0.80～1.50			3	—	—	—
				>1.50～4.00			5	—	—	—
		H18	H18	>0.20～0.30	125	85	1	—	—	—
				>0.30～0.50			2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
		H112	H112	>4.50～6.00	75	—	10	—	—	—
				>6.00～12.50	75		10	—	—	—
				>12.50～40.00	70		—	18	—	—
				>40.00～80.00	60		—	22	—	—
		F	—	>2.50～150.00	—				—	—
1050	—	O	O	>0.20～0.50	60～100	—	15	—	0t	—
				>0.50～0.80			20	—	0t	—
				>0.80～1.50		20	25	—	0t	—
				>1.50～6.00			30	—	0t	—
				>6.00～50.00			28	28	—	—
		H12	H12	>0.20～0.30	80～120	—	2	—	0t	—
				>0.30～0.50			3	—	0t	—
				>0.50～0.80			4	—	0t	—
				>0.80～1.50		65	6	—	0.5t	—
				>1.50～3.00			8	—	0.5t	—
				>3.00～6.00			9	—	0.5t	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
1050	—	H22	H22	>0.20～0.30	80	—	2	—	0t	—
				>0.30～0.50			3	—	0t	—
				>0.50～0.80			4	—	0t	—
				>0.80～1.50		65	6	—	0.5t	—
				>1.50～3.00			8	—	0.5t	—
				>3.00～6.00			9	—	0.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.30	95～130	—	1	—	0.5t	—
				>0.30～0.50			2	—	0.5t	—
				>0.50～0.80			3	—	0.5t	—
				>0.80～1.50		75	4	—	1.0t	—
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	—
				>3.00～6.00			6	—	1.0t	—
		H24	H24	>0.20～0.30	95	—	1	—	0.5t	—
				>0.30～0.50			2	—	0.5t	—
				>0.50～0.80			3	—	0.5t	—
				>0.80～1.50		75	4	—	1.0t	—
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	—
				>3.00～6.00			6	—	1.0t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	120～150	—	1	—	2.0t	—
				>0.50～0.80		85	2	—	2.0t	—
				>0.80～1.50			3	—	2.0t	—
				>1.50～4.00			4	—	2.0t	—
		H26	H26	>0.20～0.50	120	—	1	—	2.0t	—
				>0.50～0.80		85	2	—	2.0t	—
				>0.80～1.50			3	—	2.0t	—
				>1.50～4.00			4	—	2.0t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	130	—	1	—	—	—
				>0.50～0.80			2	—	—	—
				>0.80～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
		H112	H112	>4.50～6.00	85	45	10	—	—	—
				>6.00～12.50	80	45	10	—	—	—
				>12.50～25.00	70	35	—	16	—	—
				>25.00～50.00	65	30	—	22	—	—
				>50.00～75.00	65	30	—	22	—	—
		F	—	>2.50～150.00	—				—	—
1050A	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	>65～95	20	20	—	0t	0t
				>0.50～1.50			22	—	0t	0t
				>1.50～3.00			26	—	0t	0t
				>3.00～6.00			29	—	0.5t	0.5t
				>6.00～12.50			35	—	1.0t	1.0t
				>12.50～80.00			—	32	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	>85～125	65	2	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			4	—	0t	0.5t
				>1.50～3.00			5	—	0.5t	0.5t
				>3.00～6.00			7	—	1.0t	1.0t

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
1050A	—	H22	H22	>0.20～0.50	>85～125	55	4	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			5	—	0t	0.5t
				>1.50～3.00			6	—	0.5t	0.5t
				>3.00～6.00			11	—	1.0t	1.0t
		H14	H14	>0.20～0.50	>105～145	85	2	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50			2	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			4	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			5	—	1.5t	—
		H24	H24	>0.20～0.50	>105～145	75	3	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50			4	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			8	—	1.5t	1.5t
		H16	H16	>0.20～0.50	>120～160	100	1	—	0.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	1.0t	—
				>1.50～4.00			3	—	1.5t	—
		H26	H26	>0.20～0.50	>120～160	90	2	—	0.5t	—
				>0.50～1.50			3	—	1.0t	—
				>1.50～4.00			4	—	1.5t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	135	120	1	—	1.0t	—
				>0.50～1.50	140		2	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			2	—	3.0t	—
		H28	H28	>0.20～0.50	140	110	2	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			3	—	3.0t	—
		H19	H19	>0.20～0.50	155	140	1	—	—	—
				>0.50～1.50	150	130		—	—	—
				>1.50～3.00				—	—	—
		H112	H112	>6.00～12.50	75	30	20	—	—	—
				>12.50～80.00	70	25	—	20	—	—
		F	—	2.50～150.00	—				—	—
1145	—	O	O	>0.20～0.50	60～100	—	15	—	—	—
				>0.50～0.80			20	—	—	—
				>0.80～1.50		20	25	—	—	—
				>1.50～6.00			30	—	—	—
				>6.00～10.00			28	—	—	—
		H12	H12	>0.20～0.30	80～120	—	2	—	—	—
				>0.30～0.50			3	—	—	—
				>0.50～0.80			4	—	—	—
				>0.80～1.50		65	6	—	—	—
				>1.50～3.00			8	—	—	—
				>3.00～4.50			9	—	—	—
		H22	H22	>0.20～0.30	80	—	2	—	—	—
				>0.30～0.50			3	—	—	—
				>0.50～0.80			4	—	—	—
				>0.80～1.50			6	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
1145	—	H22	H22	>1.50～3.00	80	—	8	—	—	—
				>3.00～4.50			9	—	—	—
		H14	H14	>0.20～0.30	95～125	—	1	—	—	—
				>0.30～0.50			2	—	—	—
				>0.50～0.80			3	—	—	—
				>0.80～1.50		75	4	—	—	—
				>1.50～3.00			5	—	—	—
				>3.00～4.50			6	—	—	—
		H24	H24	>0.20～0.30	95	—	1	—	—	—
				>0.30～0.50			2	—	—	—
				>0.50～0.80			3	—	—	—
				>0.80～1.50			4	—	—	—
				>1.50～3.00			5	—	—	—
				>3.00～4.50			6	—	—	—
		H16	H16	>0.20～0.50	120～145	—	1	—	—	—
				>0.50～0.80			2	—	—	—
				>0.80～1.50		85	3	—	—	—
				>1.50～4.50			4	—	—	—
		H26	H26	>0.20～0.50	120	—	1	—	—	—
				>0.50～0.80			2	—	—	—
				>0.80～1.50			3	—	—	—
				>1.50～4.50			4	—	—	—
		H18	H18	>0.20～0.50	125	—	1	—	—	—
				>0.50～0.80			2	—	—	—
				>0.80～1.50			3	—	—	—
				>1.50～4.50			4	—	—	—
		H112	H112	>4.50～6.50	85	45	10	—	—	—
				>6.50～12.50	80	45	10	—	—	—
				>12.50～25.00	70	35	—	16	—	—
		F	—	>2.50～150.00	—				—	—
1235	—	O	O	>0.20～1.00	65～105	—	15	—	—	—
		H12	H12	>0.20～0.30	95～130	—	2	—	—	—
				>0.30～0.50			3	—	—	—
				>0.50～1.50			6	—	—	—
				>1.50～3.00			8	—	—	—
				>3.00～4.50			9	—	—	—
		H22	H22	>0.20～0.30	95	—	2	—	—	—
				>0.30～0.50			3	—	—	—
				>0.50～1.50			6	—	—	—
				>1.50～3.00			8	—	—	—
				>3.00～4.50			9	—	—	—
		H14	H14	>0.20～0.30	115～150	—	1	—	—	—
				>0.30～0.50			2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
1235	—	H24	H24	>0.20～0.30	115	—	1	—	—	—
				>0.30～0.50			2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
		H16	H16	>0.20～0.50	130～165	—	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～4.00			3	—	—	—
		H26	H26	>0.20～0.50	130	—	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～4.00			3	—	—	—
		H18	H18	>0.20～0.50	145	—	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
1200	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	75～105	25	19	—	0t	0t
				>0.50～1.50			21	—	0t	0t
				>1.50～3.00			24	—	0t	0t
				>3.00～6.00			28	—	0.5t	0.5t
				>6.00～12.50			33	—	1.0t	1.0t
				>12.50～80.00			—	30	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	95～135	75	2	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			4	—	0t	0.5t
				>1.50～3.00			5	—	0.5t	0.5t
				>3.00～6.00			6	—	1.0t	1.0t
		H22	H22	>0.20～0.50	95～135	65	4	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			5	—	0t	0.5t
				>1.50～3.00			6	—	0.5t	0.5t
				>3.00～6.00			10	—	1.0t	1.0t
		H14	H14	>0.20～0.50	105～155	95	1	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50	115～155		3	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			4	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			5	—	1.5t	1.5t
		H24	H24	>0.20～0.50	115～155	90	3	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50			4	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			7	—	1.5t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	120～170	110	1	—	0.5t	—
				>0.50～1.50	130～170	115	2	—	1.0t	—
				>1.50～4.00			3	—	1.5t	—
		H26	H26	>0.20～0.50	130～170	105	2	—	0.5t	—
				>0.50～1.50			3	—	1.0t	—
				>1.50～4.00			4	—	1.5t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	150	130	1	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			2	—	3.0t	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
1200	—	H19	H19	>0.20～0.50	160	140	1	—	—	—
				>0.50～1.50			1	—	—	—
				>1.50～3.00			1	—	—	—
		H112	H112	>6.00～12.50	85	35	16	—	—	—
				>12.50～80.00	80	30	—	16	—	—
		F	—	>2.50～150.00	—				—	—
包铝 2A11 2A11	正常包铝或工艺包铝	O	O	>0.50～3.00	≤225	—	12	—	—	—
				>3.00～10.00	≤235	—	12	—	—	—
			T42③	>0.50～3.00	350	185	15	—	—	—
				>3.00～10.00	355	195	15	—	—	—
		T1	T42	>4.50～10.00	355	195	15	—	—	—
				>10.00～12.50	370	215	11	—	—	—
				>12.50～25.00	370	215	—	11	—	—
				>25.00～40.00	330	195	—	8	—	—
				>40.00～70.00	310	195	—	6	—	—
				>70.00～80.00	285	195	—	4	—	—
		T3	T3	>0.50～1.50	375	215	15	—	—	—
				>1.50～3.00			17	—	—	—
				>3.00～10.00			15	—	—	—
		T4	T4	>0.50～3.00	360	185	15	—	—	—
				>3.00～10.00	370	195	15	—	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
包铝 2A12 2A12	正常包铝或工艺包铝	O	O	>0.50～4.50	≤215	—	14	—	—	—
				>4.50～10.00	≤235	—	12	—	—	—
			T42③	>0.50～3.00	390	245	15	—	—	—
				>3.00～10.00	410	265	12	—	—	—
		T1	T42	>4.50～10.00	410	265	12	—	—	—
				>10.00～12.50	420	275	7	—	—	—
				>12.50～25.00	420	275	—	7	—	—
				>25.00～40.00	390	255	—	5	—	—
				>40.00～70.00	370	245	—	4	—	—
				>70.00～80.00	345	245	—	3	—	—
		T3	T3	>0.50～1.60	405	270	15	—	—	—
				>1.60～10.00	420	275	15	—	—	—
		T4	T4	>0.50～3.00	405	270	13	—	—	—
				>3.00～4.50	425	275	12			
				>4.50～10.00	425	275	12	—	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
2A14	工艺包铝	O	O	0.50～10.00	≤245	—	10	—	—	—
		T6	T6	0.50～10.00	430	340	5	—	—	—
		T1	T62	>4.50～12.50	430	340	5	—	—	—
				>12.50～40.00	430	340	—	5	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
包铝 2E12 2E12	正常包铝或工艺包铝	T3	T3	0.80～1.50	405	270	—	15	—	5.0t
				>1.50～3.00	≥420	275	—	15	—	5.0t
				>3.00～6.00	425	275	—	15	—	8.0t
2014	工艺包铝或不包铝	O	O	>0.40～1.50	≤220	≤140	12	—	0t	0.5t
				>1.50～3.00			13	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			16	—	1.5t	—
				>6.00～9.00			16	—	2.5t	—
				>9.00～12.50			16	—	4.0t	—
				>12.50～25.00			—	10	—	—
		T3	T3	>0.40～1.50	395	245	14	—	—	—
				>1.50～6.00	400	245	14	—	—	—
		T4	T4	>0.40～1.50	395	240	14	—	3.0t	3.0t
				>1.50～6.00	395	240	14	—	5.0t	5.0t
				>6.00～12.50	400	250	14	—	8.0t	—
				>12.50～40.00	400	250		10	—	—
				>40.00～100.00	395	250		7	—	—
		T6	T6	>0.40～1.50	440	390	6	—	—	—
				>1.50～6.00	440	390	7	—	—	—
				>6.00～12.50	450	395	7	—	—	—
				>12.50～40.00	460	400		6	5.0t	
				>40.00～60.00	450	390		5	7.0t	
				>60.00～80.00	435	380		4	10.0t	
				>80.00～100.00	420	360		4		
				>100.00～125.00	410	350		4		
				>125.00～160.00	390	340		2		
		F	—	>4.50～150.00	—			—	—	—
包铝 2014	正常包铝	O	O	>0.50～0.63	≤205	≤95	16	—	—	—
				>0.63～1.00	≤220			—	—	—
				>1.00～2.50	≤205			—	—	—
				>2.50～12.50	≤205			9	—	—
				>12.50～25.00	≤220④	—	—	5	—	—
		T3	T3	>0.50～0.63	370	230	14	—	—	—
				>0.63～1.00	380	235	14	—	—	—
				>1.00～2.50	395	240	15	—	—	—
				>2.50～6.30	395	240	15	—	—	—
		T4	T4	>0.50～0.63	370	215	14	—	—	—
				>0.63～1.00	380	220	14	—	—	—
				>1.00～2.50	395	235	15	—	—	—
				>2.50～6.30	395	235	15	—	—	—
		T6	T6	>0.50～0.63	425	370	7	—	—	—
				>0.63～1.00	435	380	7	—	—	—
				>1.00～2.50	440	395	8	—	—	—
				>2.50～6.30	440	395	8	—	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
包铝 2014A 2014A	正常包铝、工艺包铝或不包铝	O	O	>0.20～0.50	≤235	≤110		—	1.0t	—
				>0.50～1.50			14	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			16	—	2.0t	—
				>3.00～6.00			16	—	2.0t	—
		T4	T4	>0.20～0.50	400	225	—	—	3.0t	—
				>0.50～1.50			13	—	3.0t	—
				>1.50～6.00			14	—	5.0t	—
				>6.00～12.50		250	14	—		—
				>12.50～25.00			—	12		—
				>25.00～40.00			—	10		—
				>40.00～80.00	395		—	7		—
		T6	T6	>0.20～0.50	440	380	—	—	5.0t	—
				>0.50～1.50			6	—	5.0t	—
				>1.50～3.00			7	—	6.0t	—
				>3.00～6.00			8	—	5.0t	—
				>6.00～12.50	460	410	8	—	—	—
				>12.50～25.00	460	410	—	6	—	—
				>25.00～40.00	450	400	—	5	—	—
				>40.00～60.00	430	390	—	5	—	—
				>60.00～90.00	430	390	—	4	—	—
				>90.00～115.00	420	370	—	4	—	—
				>115.00～140.00	410	350	—	4	—	—
2024	工艺包铝或不包铝	O	O	>0.40～1.50	≤220	≤140	12	—	0t	0.5t
				>1.50～3.00			13		1.0t	2.0t
				>3.00～6.00					1.5t	3.0t
				>6.00～9.00					2.5t	—
				>9.00～12.50					4.0t	—
				>12.50～25.00		—	—	11	—	—
		T3	T3	>0.40～1.50	435	290	12	11	4.0t	4.0t
				>1.50～3.00	435	290	14		4.0t	4.0t
				>3.00～6.00	440	290	14	—	5.0t	5.0t
				>6.00～12.50	440	290	13		8.0t	—
				>12.50～40.00	430	290		11	—	—
				>40.00～80.00	420	290		8	—	—
				>80.00～100.00	400	285		7	—	—
				>100.00～120.00	380	270		5	—	—
				>120.00～150.00	360	250		5	—	—
		T4	T4	>0.40～1.50	425	275	12	—	—	4.0t
				>1.50～6.00	425	275	14	—	—	5.0t
		T8	T8	>0.40～1.50	460	400	5	—	—	—
				>1.50～6.00	460	400	6	—	—	—
				>6.00～12.50	460	400	5	—	—	—
				>12.50～25.00	455	400	—	4	—	—
				>25.00～40.00	455	395	—	4	—	—
		F	—	>4.50～80.00	—				—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
包铝2024	正常包铝	O	O	>0.20～0.25	≤205	≤95	10	—	—	—
				>0.25～1.60	≤205	≤95	12	—	—	—
				>1.60～12.50	≤220	≤95	12	—	—	—
				>12.50～45.50	≤220④	—	—	10	—	—
		T3	T3	>0.20～0.25	400	270	10	—	—	—
				>0.25～0.50	405	270	12	—	—	—
				>0.50～1.60	405	270	15	—	—	—
				>1.60～3.20	420	275	15	—	—	—
				>3.20～6.00	420	275	15	—	—	—
		T4	T4	>0.20～0.50	400	245	12	—	—	—
				>0.50～1.60	400	245	15	—	—	—
				>1.60～3.20	420	260	15			
		F	—	>4.50～80.00	—				—	—
包铝2017 2017	正常包铝、工艺包铝或不包铝	O	O	>0.40～1.60	≤215	—	12	—	0.5t	—
				>1.60～2.90		≤110			1.0t	—
				>2.90～6.00					1.5t	—
				>6.00～25.00					—	—
			T42③	>0.40～0.50	355	—	12	—	—	—
				>0.50～1.60		195	15	—	—	—
				>1.60～2.90			17	—	—	—
				>2.90～6.50			15	—	—	—
				>6.50～25.00		185	12	—	—	—
		T3	T3	>0.40～0.50	375	—	12	—	1.5t	—
				>0.50～1.60		215	15	—	2.5t	—
				>1.60～2.90			17	—	3t	—
				>2.90～6.00			15	—	3.5t	—
		T4	T4	>0.40～0.50	355	—	12	—	1.5t	—
				>0.50～1.60		195	15	—	2.5t	—
				>1.60～2.90			17	—	3t	—
				>2.90～6.00			15	—	3.5t	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
包铝2017A 2017A	正常包铝、工艺包铝或不包铝	O	O	0.40～1.50	≤225	≤145	12	—	5t	0.5t
				>1.50～3.00			14		1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			13		1.5t	—
				>6.00～9.00					2.5t	—
				>9.00～12.50					4.0t	—
				>12.50～25.00			—	12	—	—
		T4	T4	0.40～1.50	390	245	14	—	3.0t	3.0t
				>1.50～6.00		245	15	—	5.0t	5.0t
				>6.00～12.50		260	13	—	8.0t	—
				>12.50～40.00		250	—	12	—	—
				>40.00～60.00	385	245	—	12	—	—
				>60.00～80.00	370	240	—	7	—	—
				>80.00～120.00	360		—	6	—	—
				>120.00～150.00	350		—	4	—	—
				>150.00～180.00	330	220	—	2	—	—
				>180.00～200.00	300	200	—	2	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
包铝2219 2219	正常包铝、工艺包铝或不包铝	O	O	>0.50～12.50	≤220	≤110	12	—	—	—
				>12.50～50.00	≤220④	≤110④	—	10	—	—
		T81	T81	>0.50～1.00	340	255	6	—	—	—
				>1.00～2.50	380	285	7	—	—	—
				>2.50～6.30	400	295	7	—	—	—
		T87	T87	>1.00～2.50	395	315	6	—	—	—
				>2.50～6.30	415	330	6	—	—	—
				>6.30～12.50	415	330	7	—	—	—
3A21	—	O	O	>0.20～0.80	100～150	—	19	—	—	—
				>0.80～4.50			23	—	—	—
				>4.50～10.00			21	—	—	—
		H14	H14	>0.80～1.30	145～215	—	6	—	—	—
				>1.30～4.50			6	—	—	—
		H24	H24	>0.20～1.30	145	—	6	—	—	—
				>1.30～4.50			6	—	—	—
		H18	H18	>0.20～0.50	185	—	1	—	—	—
				>0.50～0.80			2	—	—	—
				>0.80～1.30			3	—	—	—
				>1.30～4.50			4	—	—	—
		H112	H112	>4.50～10.00	110	—	16	—	—	—
				>10.00～12.50	120		16	—	—	—
				>12.50～25.00	120		—	16	—	—
				>25.00～80.00	110		—	16	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
3102	—	H18	H18	>0.20～0.50	160	—	3	—	—	—
				>0.50～3.00			2	—	—	—
3003	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	95～135	35	15	—	0t	0t
				>0.50～1.50			17	—	0t	0t
				>1.50～3.00			20	—	0t	0t
				>3.00～6.00			23	—	1.0t	1.0t
				>6.00～12.50			24	—	1.5t	—
				>12.50～50.00			—	23	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	120～160	90	3	—	0t	1.5t
				>0.50～1.50			4	—	0.5t	1.5t
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			6	—	1.0t	—
		H22	H22	>0.20～0.50	120～160	80	6	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50			7	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			8	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			9	—	1.0t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	145～195	125	2	—	0.5t	2.0t
				>0.50～1.50			2	—	1.0t	2.0t
				>1.50～3.00			3	—	1.0t	2.0t
				>3.00～6.00			4	—	2.0t	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
3003	—	H24	H24	>0.20～0.50	145～195	115	4	—	0.5t	1.5t
				>0.50～1.50			4	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			6	—	2.0t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	170～210	150	1	—	1.0t	2.5t
				>0.50～1.50			2	—	1.5t	2.5t
				>1.50～4.00			2	—	2.0t	2.5t
		H26	H26	>0.20～0.50	170～210	140	2	—	1.0t	2.0t
				>0.50～1.50			3	—	1.5t	2.0t
				>1.50～4.00			3	—	2.0t	2.0t
		H18	H18	>0.20～0.50	190	170	1	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			2	—	3.0t	—
		H28	H28	>0.20～0.50	190	160	2	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			3	—	3.0t	—
		H19	H19	>0.20～0.50	210	180	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H112	H112	>4.50～12.50	115	70	10	—	—	—
				>12.50～80.00	100	40	—	18	—	—
		F	—	>2.50～150.00	—				—	—
3103	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	90～130	35	17	—	0t	0t
				>0.50～1.50			19	—	0t	0t
				>1.50～3.00			21	—	0t	0t
				>3.00～6.00			24	—	1.0t	1.0t
				>6.00～12.50			28	—	1.5t	—
				>12.50～50.00			—	25	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	115～155	85	3	—	0t	1.5t
				>0.50～1.50			4	—	0.5t	1.5t
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			6	—	1.0t	—
		H22	H22	>0.20～0.50	115～155	75	6	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50			7	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			8	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			9	—	1.0t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	140～180	120	2	—	0.5t	2.0t
				>0.50～1.50			2	—	1.0t	2.0t
				>1.50～3.00			3	—	1.0t	2.0t
				>3.00～6.00			4	—	2.0t	—
		H24	H24	>0.20～0.50	140～180	110	4	—	0.5t	1.5t
				>0.50～1.50			4	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			6	—	2.0t	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
3103	—	H16	H16	>0.20～0.50	160～200	145	1	—	1.0t	2.5t
				>0.50～1.50			2	—	1.5t	2.5t
				>1.50～4.00			2	—	2.0t	2.5t
				>4.00～6.00			2	—	1.5t	2.0t
		H26	H26	>0.20～0.50	160～200	135	2	—	1.0t	2.0t
				>0.50～1.50			3	—	1.5t	2.0t
				>1.50～4.00			3	—	2.0t	2.0t
		H18	H18	>0.20～0.50	185	165	1	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			2	—	3.0t	—
		H28	H28	>0.20～0.50	185	155	2	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			3	—	3.0t	—
		H19	H19	>0.20～0.50	200	175	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H112	H112	>4.50～12.50	110	70	10	—	—	—
				>12.50～80.00	95	40	—	18	—	—
		F	—	>20.00～80.00	—				—	—
3004	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	155～200	60	13	—	0t	0t
				>0.50～1.50			14	—	0t	0t
				>1.50～3.00			15	—	0t	0.5t
				>3.00～6.00			16	—	1.0t	1.0t
				>6.00～12.50			16	—	2.0t	—
				>12.50～50.00			—	14	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	190～240	155	2	—	0t	1.5t
				>0.50～1.50			3	—	0.5t	1.5t
				>1.50～3.00			4	—	1.0t	2.0t
				>3.00～6.00			5	—	1.5t	—
		H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	190～240	145	4	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50			5	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			6	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			7	—	1.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	220～265	180	1	—	0.5t	2.5t
				>0.50～1.50			2	—	1.0t	2.5t
				>1.50～3.00			2	—	1.5t	2.5t
				>3.00～6.00			3	—	2.0t	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	220～265	170	3	—	0.5t	2.0t
				>0.50～1.50			4	—	1.0t	2.0t
				>1.50～3.00			4	—	1.5t	2.0t
		H16	H16	>0.20～0.50	240～285	200	1	—	1.0t	3.5t
				>0.50～1.50			1	—	1.5t	3.5t
				>1.50～4.00			2	—	2.5t	—
		H26 H36	H26 H36	>0.20～0.50	240～285	190	3	—	1.0t	3.0t
				>0.50～1.50			3	—	1.5t	3.0t
				>1.50～3.00			3	—	2.5t	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
3004	—	H18	H18	>0.20～0.50	260	230	1	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			1	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H28 H38	H28 H38	>0.20～0.50	260	220	2	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			3	—	2.5t	—
		H19	H19	>0.20～0.50	270	240	1	—	—	—
				>0.50～1.50			1	—	—	—
		H112	H112	>4.50～12.50	160	60	7	—	—	—
				>12.50～40.00			—	6	—	—
				>40.00～80.00			—	6	—	—
		F	—	>2.50～80.00	—				—	—
3104	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	155～195	—	10	—	0t	0t
				>0.50～0.80			14	—	0t	0t
				>0.80～1.30		60	16	—	0.5t	0.5t
				>1.30～3.00			18	—	0.5t	0.5t
		H12 H32	H12 H32	>0.50～0.80	195～245	—	3	—	0.5t	0.5t
				>0.80～1.30		145	4	—	1.0t	1.0t
				>1.30～3.00			5	—	1.0t	1.0t
		H22	H22	>0.50～0.80	195	—	3	—	0.5t	0.5t
				>0.80～1.30			4	—	1.0t	1.0t
				>1.30～3.00			5	—	1.0t	1.0t
		H14 H34	H14 H34	>0.20～0.50	225～265	—	1	—	1.0t	1.0t
				>0.50～0.80			3	—	1.5t	1.5t
				>0.80～1.30		175	3	—	1.5t	1.5t
				>1.30～3.00			4	—	1.5t	1.5t
		H24	H24	>0.20～0.50	225	—	1	—	1.0t	1.0t
				>0.50～0.80			3	—	1.5t	1.5t
				>0.80～1.30			3	—	1.5t	1.5t
				>1.30～3.00			4	—	1.5t	1.5t
		H16 H36	H16 H36	>0.20～0.50	245～285	—	1	—	2.0t	2.0t
				>0.50～0.80			2	—	2.0t	2.0t
				>0.80～1.30		195	3	—	2.5t	2.5t
				>1.30～3.00			4	—	2.5t	2.5t
		H26	H26	>0.20～0.50	245	—	1	—	2.0t	2.0t
				>0.50～0.80			2	—	2.0t	2.0t
				>0.80～1.30			3	—	2.5t	2.5t
				>1.30～3.00			4	—	2.5t	2.5t
		H18 H38	H18 H38	>0.20～0.50	265	215	1	—	—	—
		H28	H28	>0.20～0.50	265	—	1	—	—	—
		H19 H29 H39	H19 H29 H39	>0.20～0.50	275	—	1	—	—	—
		F	—	>2.50～80.00	—				—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
3005	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	115～165	45	12	—	0t	0t
				>0.50～1.50			14	—	0t	0t
				>1.50～3.00			16	—	0.5t	1.0t
				>3.00～6.00			19	—	1.0t	—
		H12	H12	>0.20～0.50	145～195	125	3	—	0t	1.5t
				>0.50～1.50			4	—	0.5t	1.5t
				>1.50～3.00			4	—	1.0t	2.0t
				>3.00～6.00			5	—	1.5t	—
		H22	H22	>0.20～0.50	145～195	110	5	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50			5	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			6	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			7	—	1.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	170～215	150	1	—	0.5t	2.5t
				>0.50～1.50			2	—	1.0t	2.5t
				>1.50～3.00			2	—	1.5t	—
				>3.00～6.00			3	—	2.0t	—
		H24	H24	>0.20～0.50	170～215	130	4	—	0.5t	1.5t
				>0.50～1.50			4	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			4	—	1.5t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	195～240	175	1	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			2	—	1.5t	—
				>1.50～4.00			2	—	2.5t	—
		H26	H26	>0.20～0.50	195～240	160	3	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			3	—	1.5t	—
				>1.50～3.00			3	—	2.5t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	220	200	1	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H28	H28	>0.20～0.50	220	190	2	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
		H19	H19	>0.20～0.50	235	210	1	—	—	—
				>0.50～1.50	235	210	1	—	—	—
		F	—	>2.50～80.00	—				—	—
4007	—	H12	H12	>0.20～0.50	140～180	110	4	—	—	—
				>0.50～1.50			4	—	—	—
				>1.50～3.00			5	—	—	—
		F	—	2.50～6.00	110	—	—	—	—	—
4015	—	O H111	O H111	>0.20～3.00	≤150	45	20	—	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	120～175	90	4	—	—	—
				>0.50～3.00			4	—	—	—
		H14	H14	>0.20～0.50	150～200	120	2	—	—	—
				>0.50～3.00			3	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
4015	—	H16	H16	>0.20～0.50	170～220	150	1	—	—	—
				>0.50～3.00			2	—	—	—
		H18	H18	>0.20～3.00	200～250	180	1	—	—	—
5A02	—	O	O	>0.50～1.00	165～225	—	17	—	—	—
				>1.00～10.00			19	—	—	—
		H14 H24 H34	H14 H24 H34	>0.50～1.00	235	—	4	—	—	—
				>1.00～4.50			6	—	—	—
		H18	H18	>0.50～1.00	265	—	3	—	—	—
				>1.00～4.50			4	—	—	—
		H112	H112	>4.50～12.50	175	—	7	—	—	—
				>12.50～25.00	175		—	7	—	—
				>25.00～80.00	155		—	6	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—			—	—	—
5A03	—	O	O	>0.50～4.50	195	100	16	—	—	—
		H14 H24 H34	H14 H24 H34	>0.50～4.50	225	195	8	—	—	—
		H112	H112	>4.50～10.00	185	80	16	—	—	—
				>10.00～12.50	175	70	13	—	—	—
				>12.50～25.00	175	70	—	13	—	—
				>25.00～50.00	165	60	—	12	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—			—	—	—
5A05	—	O	O	0.50～4.50	275	145	16	—	—	—
		H112	H112	>4.50～10.00	275	125	16	—	—	—
				>10.00～12.50	265	115	14	—	—	—
				>12.50～25.00	265	115	—	14	—	—
				>25.00～50.00	255	105	—	13	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—			—	—	—
3105	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	100～155	40	14	—	—	0t
				>0.50～1.50			15	—	—	0t
				>1.50～3.00			17	—	—	0.5t
		H12	H12	>0.20～0.50	130～180	105	3	—	—	1.5t
				>0.50～1.50			4	—	—	1.5t
				>1.50～3.00			4	—	—	1.5t
		H22	H22	>0.20～0.50	130～180	105	6	—	—	—
				>0.50～1.50			6	—	—	—
				>1.50～3.00			7	—	—	—
		H14	H14	>0.20～0.50	150～200	130	2	—	—	2.5t
				>0.50～1.50			2	—	—	2.5t
				>1.50～3.00			2	—	—	2.5t
		H24	H24	>0.20～0.50	150～200	120	4	—	—	2.5t
				>0.50～1.50			4	—	—	2.5t
				>1.50～3.00			5	—	—	2.5t

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
3105	—	H16	H16	>0.20～0.50	175～225	160	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H26	H26	>0.20～0.50	175～225	150	3	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
		H18	H18	>0.20～3.00	195	180	1	—	—	—
		H28	H28	>0.20～1.50	195	170	2	—	—	—
		H19	H19	>0.20～1.50	215	190	1	—	—	—
		F	—	>2.50～80.00	—				—	—
4006	—	O	O	>0.20～0.50	95～130	40	17	—	—	0t
				>0.50～1.50			19	—	—	0t
				>1.50～3.00			22	—	—	0t
				>3.00～6.00			25	—	—	1.0t
		H12	H12	>0.20～0.50	120～160	90	4	—	—	1.5t
				>0.50～1.50			4	—	—	1.5t
				>1.50～3.00			5	—	—	1.5t
		H14	H14	>0.20～0.50	140～180	120	3	—	—	2.0t
				>0.50～1.50			3	—	—	2.0t
				>1.50～3.00			3	—	—	2.0t
		F	—	2.50～6.00	—	—	—	—	—	—
4007	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	110～150	45	15	—	—	—
				>0.50～1.50			16	—	—	—
				>1.50～3.00			19	—	—	—
				>3.00～6.00			21	—	—	—
				>6.00～12.50			25	—	—	—
5A06	工艺包铝或不包铝	O	O	0.50～4.50	315	155	16	—	—	—
		H112	H112	>4.50～10.00	315	155	16	—	—	—
				>10.00～12.50	305	145	12	—	—	—
				>12.50～25.00	305	145	—	12	—	—
				>25.00～50.00	295	135	—	6	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
5005 5005A	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	100～145	35	15	—	0t	0t
				>0.50～1.50			19	—	0t	0t
				>1.50～3.00			20	—	0t	0.5t
				>3.00～6.00			22	—	1.0t	1.0t
				>6.00～12.50			24	—	1.5t	—
				>12.50～50.00			—	20	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	125～165	95	2	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50			2	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			4	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			5	—	1.0t	—
		H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	125～165	80	4	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50			5	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			6	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			8	—	1.0t	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
5005 5005A	—	H14	H14	>0.20～0.50	145～185	120	2	—	0.5t	2.0t
				>0.50～1.50			2	—	1.0t	2.0t
				>1.50～3.00			3	—	1.0t	2.5t
				>3.00～6.00			4	—	2.0t	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	145～185	110	3	—	0.5t	1.5t
				>0.50～1.50			4	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	2.0t
				>3.00～6.00			6	—	2.0t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	165～205	145	1	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			2	—	1.5t	—
				>1.50～3.00			3	—	2.0t	—
				>3.00～4.00			3	—	2.5t	—
		H26 H36	H26 H36	>0.20～0.50	165～205	135	2	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			3	—	1.5t	—
				>1.50～3.00			4	—	2.0t	—
				>3.00～4.00			4	—	2.5t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	185	165	1	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			2	—	3.0t	—
		H28 H38	H28 H38	>0.20～0.50	185	160	1	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			3	—	3.0t	—
		H19	H19	>0.20～0.50	205	185	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H112	H112	>6.00～12.50	115	—	8	—	—	—
				>12.50～40.00	105		—	10	—	—
				>40.00～80.00	100		—	16	—	—
		F	—	>2.5～150.00	—				—	—
5040	—	H24 H34	H24 H34	0.80～1.80	220～260	170	6	—	—	—
		H26 H36	H26 H36	1.00～2.00	240～280	205	5	—	—	—
5049	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	190～240	80	12	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			14	—	0.5t	0.5t
				>1.50～3.00			16	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			18	—	1.0t	1.0t
				>6.00～12.50			18	—	2.0t	—
				>12.50～100.00			—	17	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	220～270	170	4	—	—	—
				>0.50～1.50			5	—	—	—
				>1.50～3.00			6	—	—	—
				>3.00～6.00			7	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
5049	—	H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	220～270	130	7	—	0.5t	1.5t
				>0.50～1.50			8	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			10	—	1.5t	2.0t
				>3.00～6.00			11	—	1.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	240～280	190	3	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
				>3.00～6.00			4	—	—	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	240～280	160	6	—	1.0t	2.5t
				>0.50～1.50			6	—	1.5t	2.5t
				>1.50～3.00			7	—	2.0t	2.5t
				>3.00～6.00			8	—	2.5t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	265～305	220	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
				>3.00～6.00			3	—	—	—
		H26 H36	H26 H36	>0.20～0.50	265～305	190	4	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			4	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			5	—	3.0t	—
				>3.00～6.00			6	—	3.5t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	290	250	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H28 H38	H28 H38	>0.20～0.50	290	230	3	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
		H112	H112	6.00～12.50	210	100	12	—	—	—
				>12.50～25.00	200	90	—	10	—	—
				>25.00～40.00	190	80	—	12	—	—
				>40.00～80.00	190	80	—	14	—	—
5449	—	O H111	O H111	>0.50～1.50	190～240	80	14	—	—	—
				>1.50～3.00			16	—	—	—
		H22	H22	>0.50～1.50	220～270	130	8	—	—	—
				>1.50～3.00			10	—	—	—
		H24	H24	>0.50～1.50	240～280	160	6	—	—	—
				>1.50～3.00			7	—	—	—
		H26	H26	>0.50～1.50	265～305	190	4	—	—	—
				>1.50～3.00			5	—	—	—
		H28	H28	>0.50～1.50	290	230	3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
5050	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	130～170	45	16	—	0t	0t
				>0.50～1.50			17	—	0t	0t
				>1.50～3.00			19	—	0t	0.5t
				>3.00～6.00			21	—	1.0t	—
				>6.00～12.50			20	—	2.0t	—
				>12.50～50.00			—	20	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
5050	—	H12	H12	>0.20～0.50	155～195	130	2	—	0t	—
				>0.50～1.50			2	—	0.5t	—
				>1.50～3.00			4	—	1.0t	—
		H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	155～195	110	4	—	0t	1.0t
				>0.50～1.50			5	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			7	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			10	—	1.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	175～215	150	2	—	0.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	1.0t	—
				>1.50～3.00			3	—	1.5t	—
				>3.00～6.00			4	—	2.0t	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	175～215	135	3	—	0.5t	1.5t
				>0.50～1.50			4	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			5	—	1.5t	2.0t
				>3.00～6.00			8	—	2.0t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	195～235	170	1	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			2	—	1.5t	—
				>1.50～3.00			2	—	2.5t	—
				>3.00～4.00			3	—	3.0t	—
		H26 H36	H26 H36	>0.20～0.50	195～235	160	2	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			3	—	1.5t	—
				>1.50～3.00			4	—	2.5t	—
				>3.00～4.00			6	—	3.0t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	220	190	1	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H28 H38	H28 H38	>0.20～0.50	220	180	1	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			2	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
		H112	H112	6.00～12.50	140	55	12	—	—	—
				>12.50～40.00			—	10	—	—
				>40.00～80.00			—	10	—	—
		F	—	2.50～80.00	—			—	—	—
5251	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	160～200	60	13	—	0t	0t
				>0.50～1.50			14	—	0t	0t
				>1.50～3.00			16	—	0.5t	0.5t
				>3.00～6.00			18	—	1.0t	—
				>6.00～12.50			18	—	2.0t	—
				>12.50～50.00			—	18	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	190～230	150	3	—	0t	2.0t
				>0.50～1.50			4	—	1.0t	2.0t
				>1.50～3.00			5	—	1.0t	2.0t
				>3.00～6.00			8	—	1.5t	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
5251	—	H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	190～230	120	4	—	0t	1.5t
				>0.50～1.50			6	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			8	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			10	—	1.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	210～250	170	2	—	0.5t	2.5t
				>0.50～1.50			2	—	1.5t	2.5t
				>1.50～3.00			3	—	1.5t	2.5t
				>3.00～6.00			4	—	2.5t	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	210～250	140	3	—	0.5t	2.0t
				>0.50～1.50			5	—	1.5t	2.0t
				>1.50～3.00			6	—	1.5t	2.0t
				>3.00～6.00			8	—	2.5t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	230～270	200	1	—	1.0t	3.5t
				>0.50～1.50			2	—	1.5t	3.5t
				>1.50～3.00			3	—	2.0t	3.5t
				>3.00～4.00			3	—	3.0t	
		H26 H36	H26 H36	>0.20～0.50	230～270	170	3	—	1.0t	3.0t
				>0.50～1.50			4	—	1.5t	3.0t
				>1.50～3.00			5	—	2.0t	3.0t
				>3.00～4.00			7	—	3.0t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	255	230	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H28 H38	H28 H38	>0.20～0.50	255	200	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
		F	—	2.50～80.00	—				—	—
5052	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	170～215	65	12	—	0t	0t
				>0.50～1.50			14	—	0t	0t
				>1.50～3.00			16		0.5t	0.5t
				>3.00～6.00			18	—	1.0t	—
				>6.00～12.50	165～215		19	—	2.0t	—
				>12.50～80.00			—	18	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	210～260	160	4	—	—	—
				>0.50～1.50			5	—	—	—
				>1.50～3.00			6	—	—	—
				>3.00～6.00			8	—	—	—
		H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	210～260	130	5	—	0.5t	1.5t
				>0.50～1.50			6	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			7	—	1.5t	1.5t
				>3.00～6.00			10	—	1.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	230～280	180	3	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
				>3.00～6.00			4	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
5052	—	H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	230～280	150	4	—	0.5t	2.0t
				>0.50～1.50			5	—	1.5t	2.0t
				>1.50～3.00			6	—	2.0t	2.0t
				>3.00～6.00			7	—	2.5t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	250～300	210	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
				>3.00～6.00			3	—	—	—
		H26 H36	H26 H36	>0.20～0.50	250～300	180	3	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			4	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			5	—	3.0t	—
				>3.00～6.00			6	—	3.5t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	270	240	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H28 H38	H28 H38	>0.20～0.50	270	210	3	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
		H112	H112	>6.00～12.50	190	80	7	—	—	—
				>12.50～40.00	170	70	—	10	—	—
				>40.00～80.00	170	70	—	14	—	—
		F	—	>2.50～150.00	—				—	—
5154A	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	215～275	85	12	—	0.5t	0.5t
				>0.50～1.50			13	—	0.5t	0.5t
				>1.50～3.00			15	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			17	—	1.5t	—
				>6.00～12.50			18	—	2.5t	—
				>12.50～50.00			—	16	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	250～305	190	3	—	—	—
				>0.50～1.50			4	—	—	—
				>1.50～3.00			5	—	—	—
				>3.00～6.00			6	—	—	—
		H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	250～305	180	5	—	0.5t	1.5t
				>0.50～1.50			6	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			7	—	2.0t	2.0t
				>3.00～6.00			8	—	2.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	270～325	220	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
				>3.00～6.00			4	—	—	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	270～325	200	4	—	1.0t	2.5t
				>0.50～1.50			5	—	2.0t	2.5t
				>1.50～3.00			6	—	2.5t	3.0t
				>3.00～6.00			7	—	3.0t	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
5154A	—	H26 H36	H26 H36	>0.20～0.50	290～345	230	3	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
				>3.00～6.00			5	—	—	—
		H18	H18	>0.20～0.50	310	270	1	—	—	—
				>0.50～1.50			1	—	—	—
				>1.50～3.00			1	—	—	—
		H28 H38	H28 H38	>0.20～0.50	310	250	3	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
		H19	H19	>0.20～0.50	330	285	1	—	—	—
				>0.50～1.50			1	—	—	—
		H112	H112	6.00～12.50	220	125	8	—	—	—
				>12.50～40.00	215	90	—	9	—	—
				>40.00～80.00	215	90	—	13	—	—
		F	—	2.50～80.00	—				—	—
5454	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	215～275	85	12	—	0.5t	0.5t
				>0.50～1.50			13	—	0.5t	0.5t
				>1.50～3.00			15	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			17	—	1.5t	—
				>6.00～12.50			18	—	2.5t	—
				>12.50～80.00			—	16	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	250～305	190	3	—	—	—
				>0.50～1.50			4	—	—	—
				>1.50～3.00			5	—	—	—
				>3.00～6.00			6	—	—	—
		H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	250～305	180	5	—	0.5t	1.5t
				>0.50～1.50			6	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			7	—	2.0t	2.0t
				>3.00～6.00			8	—	2.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	270～325	220	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
				>3.00～6.00			4	—	—	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	270～325	200	4	—	1.0t	2.5t
				>0.50～1.50			5	—	2.0t	2.5t
				>1.50～3.00			6	—	2.5t	3.0t
				>3.00～6.00			7	—	3.0t	—
		H26 H36	H26 H36	>0.20～1.50	290～345	230	3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
				>3.00～6.00			5	—	—	—
		H28 H38	H28 H38	>0.20～3.00	310	250	3	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
5454	—	H112	H112	6.00～12.50	220	125	8	—	—	—
				>12.50～40.00	215	90	—	9	—	—
				>40.00～120.00			—	13	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
5754	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	190～240	80	12	—	0t	0.5t
				>0.50～1.50			14	—	0.5t	0.5t
				>1.50～3.00			16	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			18	—	1.0t	1.0t
				>6.00～12.50			18	—	2.0t	—
				>12.50～100.00			—	17	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	220～270	170	4	—	—	—
				>0.50～1.50			5	—	—	—
				>1.50～3.00			6	—	—	—
				>3.00～6.00			7	—	—	—
		H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	220～270	130	7	—	0.5t	1.5t
				>0.50～1.50			8	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			10	—	1.5t	2.0t
				>3.00～6.00			11	—	1.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	240～280	190	3	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
				>3.00～6.00			4	—	—	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	240～280	160	6	—	1.0t	2.5t
				>0.50～1.50			6	—	1.5t	2.5t
				>1.50～3.00			7	—	2.0t	2.5t
				>3.00～6.00			8	—	2.5t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	265～305	220	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
				>3.00～6.00			3	—	—	—
		H26 H36	H26 H36	>0.20～0.50	265～305	190	4	—	1.5t	—
				>0.50～1.50			4	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			5	—	3.0t	—
				>3.00～6.00			6	—	3.5t	—
		H18	H18	>0.20～0.50	290	250	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
		H28 H38	H28 H38	>0.20～0.50	290	230	3	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			4	—	—	—
		H112	H112	6.00～12.50	190	100	12	—	—	—
				>12.50～25.00		90	—	10	—	—
				>25.00～40.00		80	—	12	—	—
				>40.00～80.00			—	14	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
5082	—	H18 H38	H18 H38	>0.20～0.50	335	—	1	—	—	—
		H19 H39	H19 H39	>0.20～0.50	355	—	1	—	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
5182	—	O H111	O H111	>0.2～0.50	255～315	110	11	—	—	1.0t
				>0.50～1.50			12	—	—	1.0t
				>1.50～3.00			13	—	—	1.0t
		H19	H19	>0.20～1.50	380	320	1	—	—	—
5083	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	275～350	125	11	—	0.5t	1.0t
				>0.50～1.50			12	—	1.0t	1.0t
				>1.50～3.00			13	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.30			15	—	1.5t	—
				>6.30～12.50	270～345	115	16	—	2.5t	—
				>12.50～50.00			—	15	—	—
				>50.00～80.00			—	14	—	—
				>80.0～120.00	260	110		12		
				>120.00～200.00	255	105		12		
		H12	H12	>0.20～0.50	315～375	250	3	—	—	—
				>0.50～1.50			4	—	—	—
				>1.50～3.00			5	—	—	—
				>3.00～6.00			6	—	—	—
		H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	305～380	215	5	—	0.5t	2.0t
				>0.50～1.50			6	—	1.5t	2.0t
				>1.50～3.00			7	—	2.0t	3.0t
				>3.00～6.00			8	—	2.5t	—
		H14	H14	>0.20～0.50	340～400	280	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
				>3.00～6.00			3	—	—	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	340～400	250	4	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			5	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			6	—	2.5t	—
				>3.00～6.00			7	—	3.5t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	360～420	300	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
				>3.00～4.00			2	—	—	—
		H26 H36	H26 H36	>0.20～0.50	360～420	280	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
				>3.00～4.00			3	—	—	—
		H116 H321	H116 H321	1.50～3.00	305	215	8	—	2.0t	—
				>3.00～6.00			10	—	2.5t	—
				>6.00～12.50			12	—	4.0t	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
5083	—	H116 H321	H116 H321	>12.50～40.00	305	215	—	10	—	—
				>40.00～80.00	285	200	—	10	—	—
		H112	H112	>6.00～12.50	275	125	12	—	—	—
				>12.50～40.00	275	125	—	10	—	—
				>40.00～80.00	270	115	—	10	—	—
				>40.00～120.00	260	110	—	10	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
5383	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	290～360	145	11	—	0.5t	1.0t
				>0.50～1.50			12	—	1.0t	1.0t
				>1.50～3.00			13	—	1.0t	1.5t
				>3.00～6.00			15	—	1.5t	—
				>6.00～12.50			16	—	2.5t	—
				>12.50～50.00			—	15	—	—
				>50.00～80.00	285～355	135	—	14	—	—
				>80.00～120.00	275	130	—	12	—	—
				>120.00～150.00	270	125	—	12	—	—
		H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	305～380	220	5	—	0.5t	2.0t
				>0.50～1.50			6	—	1.5t	2.0t
				>1.50～3.00			7	—	2.0t	3.0t
				>3.00～6.00			8	—	2.5t	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	340～400	270	4	—	1.0t	—
				>0.50～1.50			5	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			6	—	2.5t	—
				>3.00～6.00			7	—	3.5t	—
		H116 H321	H116 H321	1.50～3.00	305	220	8	—	2.0t	3.0t
				>3.00～6.00			10	—	2.5t	—
				>6.00～12.50			12	—	4.0t	—
				>12.50～40.00			—	10	—	—
				>40.00～80.00	285	205	—	10	—	—
		H112	H112	6.00～12.50	290	145	12	—	—	—
				>12.50～40.00			—	10	—	—
				>40.00～80.00	285	135	—	10	—	—
5086	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	240～310	100	11	—	0.5t	1.0t
				>0.50～1.50			12	—	1.0t	1.0t
				>1.50～3.00			13	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			15	—	1.5t	1.5t
				>6.00～12.50			17	—	2.5t	—
				>12.50～150.00			—	16	—	—
		H12	H12	>0.20～0.50	275～335	200	3	—	—	—
				>0.50～1.50			4	—	—	—
				>1.50～3.00			5	—	—	—
				>3.00～6.00			6	—	—	—
		H22 H32	H22 H32	>0.20～0.50	275～335	185	5	—	0.5t	2.0t
				>0.50～1.50			6	—	1.5t	2.0t
				>1.50～3.00			7	—	2.0t	2.0t
				>3.00～6.00			8	—	2.5t	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
5086	—	H14	H14	>0.20～0.50	300～360	240	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
				>3.00～6.00			3	—	—	—
		H24 H34	H24 H34	>0.20～0.50	300～360	220	4	—	1.0t	2.5t
				>0.50～1.50			5	—	2.0t	2.5t
				>1.50～3.00			6	—	2.5t	2.5t
				>3.00～6.00			7	—	3.5t	—
		H16	H16	>0.20～0.50	325～385	270	1	—	—	—
				>0.50～1.50			2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
				>3.00～4.00			2	—	—	—
		H26 H36	H26 H36	>0.20～0.50	325～385	250	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
				>3.00～4.00			3	—	—	—
		H18	H18	>0.20～0.50	345	290	1	—	—	—
				>0.50～1.50			1	—	—	—
				>1.50～3.00			1	—	—	—
		H116 H321	H116 H321	1.50～3.00	275	195	8	—	2.0t	2.0t
				>3.00～6.00			9	—	2.5t	—
				>6.00～12.50			10	—	3.5t	—
				>12.50～50.00			—	9	—	—
		H112	H112	>6.00～12.50	250	105	8	—	—	—
				>12.50～40.00	240	105	—	9	—	—
				>40.00～80.00	240	100	—	12	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—	—	—	—	—	—
6A02	—	O	O	>0.50～4.50	≤145	—	21	—	—	—
				>4.50～10.00			16	—	—	—
			T62⑤	>0.50～4.50	295	—	11	—	—	—
				>4.50～10.00			8	—	—	—
		T4	T4	>0.50～0.80	195	—	19	—	—	—
				>0.80～2.90			21	—	—	—
				>2.90～4.50			19	—	—	—
				>4.50～10.00	175		17	—	—	—
		T6	T6	>0.50～4.50	295	—	11	—	—	—
				>4.50～10.00			8	—	—	—
		T1	T62⑥	>4.50～12.50	295	—	8	—	—	—
				>12.50～25.00			—	7	—	—
				>25.00～40.00	285		—	6	—	—
				>40.00～80.00	275		—	6	—	—
			T42⑥	>4.50～12.50	175	—	17	—	—	—
				>12.50～25.00			—	14	—	—
				>25.00～40.00	165		—	12	—	—
				>40.00～80.00			—	10	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
6A02	—	F	—	>4.50～150.00	—	—	—	—	—	—
6061	—	O	O	0.40～1.50	≤150	≤85	14	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			16	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			19	—	1.0t	—
				>6.00～12.50			16	—	2.0t	—
				>12.50～25.00			—	16	—	—
		T4	T4	0.40～1.50	205	110	12	—	1.0t	1.5t
				>1.50～3.00			14	—	1.5t	2.0t
				>3.00～6.00			16	—	3.0t	—
				>6.00～12.50			18	—	4.0t	—
				>12.50～40.00			—	15	—	—
				>40.00～80.00			—	14	—	—
		T6	T6	0.40～1.50	290	240	6	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			7	—	3.5t	—
				>3.00～6.00			10	—	4.0t	—
				>6.00～12.50			9	—	5.0t	—
				>12.50～40.00			—	8	—	—
				>40.00～80.00			—	6	—	—
				>80.00～100.00			—	5	—	—
		F	—	>2.50～150.00	—				—	—
6016	—	T4	T4	0.40～3.00	170～250	80～140	24	—	0.5t	0.5t
		T6	T6	0.40～3.00	260～300	180～260	10	—	—	—
6063	—	O	O	0.50～5.00	≤130	—	20	—	—	—
				>5.00～12.50			15	—	—	—
				>12.50～20.00			—	15	—	—
			T62⑤	0.50～5.00	230	180	—	8	—	—
				>5.00～12.50	220	170	—	6	—	—
				>12.50～20.00	220	170	6	—	—	—
		T4	T4	0.50～5.00	150	—	10	—	—	—
				5.00～10.00	130		10	—	—	—
		T6	T6	0.50～5.00	240	190	8	—	—	—
				>5.00～10.00	230	180	8	—	—	—
6082	—	O	O	0.40～1.50	≤150	≤85	14	—	0.5t	1.0t
				>1.50～3.00			16	—	1.0t	1.0t
				>3.00～6.00			18	—	1.5t	—
				>6.00～12.50			17	—	2.5t	—
				>12.50～25.00	≤155	—	—	16	—	—
		T4	T4	0.40～1.50	205	110	12	—	1.5t	3.0t
				>1.50～3.00			14	—	2.0t	3.0t
				>3.00～6.00			15	—	3.0t	—
				>6.00～12.50			14	—	4.0t	—
				>12.50～40.00			—	13	—	—
				>40.00～80.00			—	12	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
6082	—	T6	T6	0.40～1.50	310	260	6	—	2.5t	—
				>1.50～3.00			7	—	3.5t	—
				>3.00～6.00			10	—	4.5t	—
				>6.00～12.50	300	255	9	—	6.0t	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
包铝7A04包铝7A09 7A04 7A09	正常包铝或工艺包铝	O	O	0.50～10.00	≤245	—	11	—	—	—
			T62⑤	0.50～2.90	470	390	7	—	—	—
				>2.90～10.00	490	410		—	—	—
		T6	T6	0.50～2.90	480	400		—	—	—
				>2.90～10.00	490	410		—	—	—
		T1	T62	>4.50～10.00	490	410		—	—	—
				>10.00～12.50	490	410	4	—	—	—
				>12.50～25.00				—	—	—
				>25.50～40.00			3	—	—	—
		F	—	>4.50～150.00	—				—	—
7020	—	O	O	0.40～1.50	≤220	≤140	12	—	2.0t	—
				>1.50～3.00			13	—	2.5t	—
				>3.00～6.00			15	—	3.5t	—
				>6.00～12.50			12	—	5.0t	—
		T4⑦	T4⑦	0.40～1.50	320	210	11	—	—	—
				>1.50～3.00			12	—	—	—
				>3.00～6.00			13	—	—	—
				>6.00～12.50			14	—	—	—
		T6	T6	0.40～1.50	350	280	7	—	3.5t	—
				>1.50～3.00			8	—	4.0t	—
				>3.00～6.00			10	—	5.5t	—
				>6.00～12.50			10	—	8.0t	—
				>12.50～40.00			—	9	—	—
				>40.00～100.00	340	270	—	8	—	—
				>100.00～150.00	330	260	—	7	—	—
				>150.00～175.00			—	6	—	—
				>175.00～200.00			—	5	—	—
7021	—	T6	T6	1.50～3.00	400	350	7	—	—	—
				>3.00～6.00			6	—	—	—
7022	—	T6	T6	3.00～12.50	450	370	8	—	—	—
				>12.50～25.00			—	8	—	—
				>25.00～50.00			—	7	—	—
				>50.00～100.00	430	350	—	5	—	—
				>100.00～200.00	410	330	—	3	—	—
7075	工艺包铝或不包铝	O	O	0.40～0.80	≤275	≤145	10	—	0.5t	1.0t
				>0.80～1.50				—	1.0t	2.0t
				>1.50～3.00				—	1.0t	3.0t
				>3.00～6.00				—	2.5t	—
				>6.00～12.50				—	4.0t	—
				>12.50～75.00		—	—	9	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
7075	工艺包铝或不包铝	O	T62⑤	0.40～0.80	525	460	6	—	—	—
				>0.80～1.50	540	460	6	—	—	—
				>1.50～3.00	540	470	7	—	—	—
				>3.00～6.00	545	475	8	—	—	—
				>6.00～12.50	540	460	8	—	—	—
				>12.50～25.00	540	470	—	6	—	—
				>25.00～50.00	530	460	—	5	—	—
				>50.00～60.00	525	440	—	4	—	—
				>60.00～75.00	495	420	—	4	—	—
		T6	T6	0.40～0.80	525	460	6	—	4.5t	—
				>0.80～1.50	540	460	6	—	5.5t	—
				>1.50～3.00	540	470	7	—	6.5t	—
				>3.00～6.00	545	475	8	—	8.0t	—
				>6.00～12.50	540	460	8	—	12.0t	—
				>12.50～25.00	540	470	—	6	—	—
				>25.00～50.00	530	460	—	5	—	—
				>50.00～60.00	525	440	—	4	—	—
		T76	T76	>1.50～3.00	500	425	7	—	—	—
				>3.00～6.00	500	425	8	—	—	—
				>6.00～12.50	490	415	7	—	—	—
		T73	T73	>1.50～3.00	460	385	7	—	—	—
				>3.00～6.00	460	385	8	—	—	—
				>6.00～12.50	475	390	7	—	—	—
				>12.50～25.00	475	390	—	6	—	—
				>25.00～50.00	475	390	—	5	—	—
				>50.00～60.00	455	360	—	5	—	—
				>60.00～80.00	440	340	—	5	—	—
				>80.00～100.00	430	340	—	5	—	—
		F	—	>6.00～50.00	—				—	—
包铝7075	正常包铝	O	O	>0.39～1.60	≤275	≤145	10	—	—	—
				>1.60～4.00				—	—	—
				>4.00～12.50				—	—	—
				>12.50～50.00		—	—	9	—	—
			T62⑤	>0.39～1.00	505	435	7	—	—	—
				>1.00～1.60	515	445	8	—	—	—
				>1.60～3.20	515	445	8	—	—	—
				>3.20～4.00	515	445	8	—	—	—
				>4.00～6.30	525	455	8	—	—	—
				>6.30～12.50	525	455	9	—	—	—
				>12.50～25.00	540	470	—	6	—	—
				>25.00～50.00	530	460	—	5	—	—
				>50.00～60.00	525	440	—	4	—	—
		T6	T6	>0.39～1.00	505	435	7	—	—	—
				>1.00～1.60	515	445	8	—	—	—
				>1.60～3.20	515	445	8	—	—	—
				>3.20～4.00	515	445	8	—	—	—
				>4.00～6.30	525	455	8	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm		室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
						抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
								A_{50mm}	A	90°	180°
						不小于					
包铝7075	正常包铝	T76	T76	>3.10～4.00		470	390	8	—	—	—
				>4.00～6.30		485	405	8	—	—	—
		F	—	>6.00～100.00		—				—	—
包铝7475	正常包铝	O	O	1.00～1.60		≤250	≤140	10	—	—	2.0t
				>1.60～3.20		≤260	≤140	10	—	—	3.0t
				>3.20～4.80		≤260	≤140	10	—	—	4.0t
				>4.80～6.50		≤270	≤145	10	—	—	4.0t
		T761⑧	T761⑧	1.00～1.60		455	379	9	—	—	6.0t
				>1.60～2.30		469	393	9	—	—	7.0t
				>2.30～3.20		469	393	9	—	—	8.0t
				>3.20～4.80		469	393	9	—	—	9.0t
				>4.80～6.50		483	414	9	—	—	9.0t
7475	工艺包铝或不包铝	T6	T6	>0.35～6.00		515	440	9	—	—	—
		T76 T761⑧	T76 T761⑧	1.00～1.60	纵向	490	420	9	—	—	6.0t
					横向	490	415	9			
				>1.60～2.30	纵向	490	420	9	—	—	7.0t
					横向	490	415	9			
				>2.30～3.20	纵向	490	420	9	—	—	8.0t
					横向	490	415	9			
				>3.20～4.80	纵向	490	420	9	—	—	9.0t
					横向	490	415	9			
				>4.80～6.50	纵向	490	420	9	—	—	9.0t
					横向	490	415	9			
8A06	—	O	O	>0.20～0.30		≤110	—	16	—	—	—
				>0.30～0.50				21	—	—	—
				>0.50～0.80				26	—	—	—
				>0.80～10.00				30	—	—	—
		H14 H24	H14 H24	>0.20～0.30		100	—	1	—	—	—
				>0.30～0.50				3	—	—	—
				>0.50～0.80				4	—	—	—
				>0.80～1.00				5	—	—	—
				>1.00～4.50				6	—	—	—
		H18	H18	>0.20～0.30		135	—	1	—	—	—
				>0.30～0.80				2	—	—	—
				>0.80～4.50				3	—	—	—
		H112	H112	>4.50～10.00		70	—	19	—	—	—
				>10.00～12.50		80		19	—	—	—

（续）

牌号	包铝分类	供应状态	试样状态	厚度/mm	室温拉伸试验结果				弯曲半径②	
					抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率①（%）			
							A_{50mm}	A	90°	180°
					不小于					
8A06	—	H112	H112	>12.50～25.00	80	—	—	19	—	—
				>25.00～80.00	65		—	16	—	—
		F	—	>2.50～150	—				—	—
8011	—	H14	H14	>0.20～0.50	125～165	—	2	—	—	—
		H24	H24	>0.20～0.50	125～165	—	3	—	—	—
		H16	H16	>0.20～0.50	130～185	—	1	—	—	—
		H26	H26	>0.20～0.50	130～185	—	2	—	—	—
		H18	H18	>0.20～0.50	165	—	1	—	—	—
8011A	—	O H111	O H111	>0.20～0.50	85～130	30	19	—	—	—
				>0.50～1.50			21	—	—	—
				>1.50～3.00			24	—	—	—
				>3.00～6.00			25	—	—	—
				>6.00～12.50			30	—	—	—
		H22	H22	>0.20～0.50	105～145	90	4	—	—	—
				>0.50～1.50			5	—	—	—
				>1.50～3.00			6	—	—	—
		H14	H14	>0.20～0.50	120～170	110	1	—	—	—
				>0.50～1.50	125～165		3	—	—	—
				>1.50～3.00			3	—	—	—
				>3.00～6.00			4	—	—	—
		H24	H24	>0.20～0.50	125～165	100	3	—	—	—
				>0.50～1.50			4	—	—	—
				>1.50～3.00			5	—	—	—
				>3.00～6.00			6	—	—	—
		H16	H16	>0.20～0.50	140～190	130	1	—	—	—
				>0.50～1.50	145～185		2	—	—	—
				>1.50～4.00			3	—	—	—
		H26	H26	>0.20～0.50	145～185	120	2	—	—	—
				>0.50～1.50			3	—	—	—
				>1.50～4.00			4	—	—	—
		H18	H18	>0.20～0.50	160	145	1	—	—	—
				>0.50～1.50	165		2	—	—	—
				>1.50～3.00			2	—	—	—
8079	—	H14	H14	>0.20～0.50	125～175	—	2	—	—	—

（续）

铝合金无缝管的力学性能

牌号	状态	壁厚/mm		室温纵向拉伸力学性能				
				抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例伸长应力 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率(%)		
						全截面试样	其他试样	
						A_{50mm}	A_{50mm}	A⑨
				不小于				
1035 1050A 1050	O	所有		60～95	—	—	22	25
	H14	所有		100～135	70	—	5	6
1060 1070A 1070	O	所有		60～95	—	—		
	H14	所有		85	70	—		
1100 1200	O	所有		70～105		—	16	20
	H14	所有		110～145	80	—	4	5
2A11	O	所有		≤245	—	10		
	T4	外径≤22	≤1.5	375	195	13		
			>1.5～2.0			14		
			>2.0～5.0			—		
		外径>22～50	≤1.5	390	225	12		
			>1.5～5.0			13		
		>50	所有	390	225	11		
2017	O	所有		≤245	≤125	17	16	16
	T4	所有		375	215	13	12	12
2A12	O	所有		≤245	—	10		
	T4	外径≤22	≤2.0	410	225	13		
			>2.0～5.0			—		
		外径>22～50	所有	420	275	12		
		>50	所有	420	275	10		
2A14	T4	外径≤22	1.0～2.0	360	205	10		
			>2.0～5.0	360	205	—		
		外径>22	所有	360	205	10		
2024	O	所有		≤240	≤140	—	10	12
	T4	0.63～1.2		440	290	12	10	—
		>1.2～5.0		440	290	14	10	—
3003	O	所有		95～130	35	—	20	25
	H14	所有		130～165	110	—	4	6
3A21	O	所有		≤135	—	—		
	H14	所有		135	—	—		
	H18	外径<60，壁厚0.5～5.0		185	—	—		
		外径≥60，壁厚2.0～5.0		175	—	—		
	H24	外径<60，壁厚0.5～5.0		145	—	8		
		外径≥60，壁厚2.0～5.0		135	—	8		
5A02	O	所有		≤225	—	—		
	H14	外径≤55，壁厚≤2.5		225	—	—		
		其他所有		195	—	—		
5A03	O	所有		175	80	15		
	H34	所有		215	125	8		

（续）

牌号	状态	壁厚/mm	室温纵向拉伸力学性能				
			抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例伸长应力 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率(%)		
					全截面试样	其他试样	
					A_{50mm}	A_{50mm}	A⑨
			不小于				
5A05	O	所有	215	90	15		
	H32	所有	245	145	8		
5A06	O	所有	315	145	15		
5052	O	所有	170～230	65	—	17	20
	H14	所有	230～270	180	—	4	5
5056	O	所有	≤315	100	16		
	H32	所有	305	—	—		
5083	O	所有	270～350	110	—	14	16
	H32	所有	280	200	—	4	6
5754	O	所有	180～250	80	—	14	16
6A02	O	所有	≤155	—	14		
	T4	所有	205	—	14		
	T6	所有	305	—	8		
6061	O	所有	≤150	≤110	—	14	16
	T4	所有	205	110	—	14	16
	T6	所有	290	240	—	8	10
6063	O	所有	≤130	—	—	15	20
	T6	所有	220	190	—	8	10
7A04	O	所有	≤265	—	8		
7020	T6	所有	350	280	—	8	10
8A06	O	所有	≤120	—	20		
	H14	所有	100	—	5		

铝合金挤压棒材的力学性能

牌号	供货状态	试样状态	直径(方棒、六角棒指内切圆直径)/mm	抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率(%)	
						A	A_{50mm}
				不小于			
1070A	H112	H112	≤150.00	55	15	—	—
1060	O	O	≤150.0	60～95	15	22	—
	H112	H112		60	15	22	—
1050A	H112	H112	≤150.00	65	20	—	—
1350	H112	H112	≤150.00	60	—	25	—
1200	H112	H112	≤150.00	75	20	—	—
1035、8A06	O	O	≤150.00	60～120	—	25	—
	H112	H112		60	—	25	—
2A02	T1、T6	T62、T6	≤150.00	420	275	10	—
2A06	T1、T6	T62、T6	≤22.00	430	285	10	—
			>22.00～100.00	440	295	9	—
			>100.00～150.00	430	285	10	—
2A11	T1、T4	T42、T4	≤150.00	370	215	12	—
2A12	T1、T4	T42、T4	≤22.00	390	255	12	—
			>22.00～150.00	420	255	12	—
2A13	T1、T4	T42、T4	≤22.00	315	—	4	—
			>22.00～150.00	345	—	4	—

（续）

牌号	供货状态	试样状态	直径（方棒、六角棒指内切圆直径）/mm	抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率（%）	
						A	A_{50mm}
				不小于			
2A14	T1、T6、T6511	T62、T6、T6511	≤22.00	440	—	10	
			>22.00～150.00	450	—	10	—
2014、2014A	T4、T4510、T4511	T4、T4510、T4511	≤25.00	370	230	13	11
			>25.00～75.00	410	270	12	—
			>75.00～150.00	390	250	10	—
			>150.00～200.00	350	230	8	—
	T6、T6510、T6511	T6、T6510、T6511	≤25.00	415	370	6	5
			>25.00～75.00	460	415	7	—
			>75.00～150.00	465	420	7	—
			>150.00～200.00	430	350	6	—
			>200.00～250.00	420	320	5	—
2A16	T1、T6、T6511	T62、T6、T6511	≤150.00	355	235	8	—
2017	T4	T42、T4	≤120.00	345	215	12	—
2017A	T4、T4510、T4511	T4、T4510、T4511	≤25.00	380	260	12	10
			>25.00～75.00	400	270	10	—
			>75.00～150.00	390	260	9	—
			>150.00～200.00	370	240	8	—
			>200.00～250.00	360	220	7	—
2024	O	O	≤150.00	≤250	≤150	12	10
	T3、T3510、T3511	T3、T3510、T3511	≤50.00	450	310	8	6
			>50.00～100.00	440	300	8	—
			>100.00～200.00	420	280	8	—
			>200.00～250.00	400	270	8	—
2A50	T1、T6	T62、T6	≤150.00	355	—	12	—
2A70、2A80、2A90	T1、T6	T62、T6	≤150.00	355	—	8	—
3102	H112	H112	≤250.00	80	30	25	23
3003	O	O	≤250.00	95～130	35	25	20
	H112	H112		90	30	25	20
3103	O	O	≤250.00	95	35	25	20
	H112	H112		95～135	35	25	20
3A21	O	O	≤150.00	≤165	—	20	20
	H112	H112		90	—	20	—
4A11、4032	T1	T62	100.00～200.00	360	290	2.5	2.5
5A02	O	O	≤150.00	≤225	—	10	—
	H112	H112		170	70	—	—
5A03	H112	H112	≤150.00	175	80	13	13
5A05	H112	H112	≤150.00	265	120	15	15
5A06	H112	H112	≤150.00	315	155	15	15
5A12	H112	H112	≤150.00	370	185	15	15
5052	H112	H112	≤250.00	170	70	—	—
	O	O		170～230	70	17	15
5005、5005A	H112	H112	≤200.00	100	40	18	16
	O	O	≤60.00	100～150	40	18	16

（续）

牌号	供货状态	试样状态	直径（方棒、六角棒指内切圆直径）/mm	抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率（%）	
						A	A_{50mm}
				不小于			
5019	H112	H112	≤200.00	250	110	14	12
	O	O	≤200.00	250～320	110	15	13
5049	H112	H112	≤250.00	180	80	15	15
5251	H112	H112	≤250.00	160	60	16	14
	O	O		160～220	60	17	15
5154A、5454	H112	H112	≤250.00	200	85	16	16
	O	O		200～275	85	18	18
5754	H112	H112	≤150.00	180	80	14	12
			>150.00～250.00	180	70	13	—
	O	O	≤150.00	180～250	80	17	15
5083	O	O	≤200.00	270～350	110	12	10
	H112	H112		270	125	12	10
5086	O	O	≤250.00	240～320	95	18	15
	H112	H112	≤200.00	240	95	12	10
6101A	T6	T6	≤150.00	200	170	10	10
6A02	T1、T6	T62、T6	≤150.00	295	—	12	12
6005、6005A	T5	T5	≤25.00	260	215	8	—
	T6	T6	≤25.00	270	225	10	8
			>25.00～50.00	270	225	8	—
			>50.00～100.00	260	215	8	—
6110A	T5	T5	≤120.00	380	360	10	8
	T6	T6	≤120.00	410	380	10	8
6351	T4	T4	≤150.00	205	110	14	12
	T6	T6	≤20.00	295	250	8	6
			>20.00～75.00	300	255	8	—
			>75.00～150.00	310	260	8	—
			>150.00～200.00	280	240	6	—
			>200.00～250.00	270	200	6	—
6060	T4	T4	≤150.00	120	60	16	14
	T5	T5		160	120	8	6
	T6	T6		190	150	8	6
6061	T6	T6	≤150.0	260	240	9	—
	T4	T4		180	110	14	—
6063	T4	T4	≤150.00	130	65	14	12
			>150.00～200.00	120	65	12	—
	T5	T5	≤200.00	175	130	8	6
	T6	T6	≤150.00	215	170	10	8
			>150.00～200.00	195	160	10	—
6063A	T4	T4	≤150.00	150	90	12	10
			>150.00～200.00	140	90	10	—
	T5	T5	≤200.00	200	160	7	5
	T6	T6	≤150.00	230	190	7	5
			>150.00～200.00	220	160	7	—
6463	T4	T4	≤150.00	125	75	14	12
	T5	T5		150	110	8	6
	T6	T6		195	160	10	8

（续）

牌号	供货状态	试样状态	直径（方棒、六角棒指内切圆直径）/mm	抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率（%）	
						A	A_{50mm}
				不小于			
6082	T6	T6	≤20.00	295	250	8	6
			>20.00～150.00	310	260	8	—
			>150.00～200.00	280	240	6	—
			>200.00～250.00	270	200	6	—
7003	T5	T5	≤250.00	310	260	10	8
	T6	T6	≤50.00	350	290	10	8
			>50.00～150.00	340	280	10	8
7A04、7A09	T1，T6	T62，T6	≤22.00	490	370	7	—
			>22.00～150.00	530	400	6	—
7A15	T1，T6	T62，T6	≤150.00	490	420	6	—
7005	T6	T6	≤50.00	350	290	10	8
			>50.00～150.00	340	270	10	—
7020	T6	T6	≤50.00	350	290	10	8
			>50.00～150.00	340	275	10	—
7021	T6	T6	≤40.00	410	350	10	8
7022	T6	T6	≤80.00	490	420	7	5
			>80.00～200.00	470	400	7	—
7049A	T6、T6510、T6511	T6、T6510、T6511	≤100.00	610	530	5	4
			>100.00～125.00	560	500	5	—
			>125.00～150.00	520	430	5	—
			>150.00～180.00	450	400	3	—
7075	O	O	≤200.00	≤275	≤165	10	8
	T6、T6510、T6511	T6、T6510、T6511	≤25.00	540	480	7	5
			>25.00～100.00	560	500	7	—
			>100.00～150.00	530	470	6	—
			>150.00～250.00	470	400	5	—

① 当 A_{50mm} 和 A 两栏均有数值时，A_{50mm} 适用于厚度不大于 12.5mm 的板材，A 适用于厚度大于 12.5mm 的板材。

② 弯曲半径中的 t 表示板材的厚度，对表中既有 90°弯曲也有 180°弯曲的产品，当需方未指定采用 90°弯曲或 180°弯曲时，弯曲半径由供方任选一种。

③ 对于 2A11、2A12、2017 合金的 O 状态板材，需要 T42 状态的性能值时，应在订货单（或合同）中注明，未注明时，不检测该性能。

④ 厚度为 >12.5～25.00mm 的 2014、2024、2219 合金 O 状态的板材，其拉伸试样由芯材机加工得到，不得有包铝层。

⑤ 对于 6A02、6063、7A04、7A09 和 7075 合金的 O 状态板材，需要 T62 状态的性能值时，应在订货单（或合同）中注明，未注明时，不检测该性能。

⑥ 对于 6A02 合金 T1 状态的板材，当需方未注明需要 T62 或 T42 状态的性能时，由供方任选一种。

⑦ 应尽量避免订购 7020 合金 T4 状态的产品。T4 状态产品的性能是在室温下自然时效 3 个月后才能达到规定的稳定的力学性能，将淬火后的试样在 60～65℃的条件下持续 60h 后也可以得到近似的自然时效性能值。

⑧ T761 状态专用于 7475 合金薄板和带材，与 T76 状态的定义相同，是在固溶热处理后进行人工过时效以获得良好的抗剥落腐蚀性能的状态。

⑨ A 表示原始标距（L_0）为 $5.65\sqrt{S_0}$ 的断后伸长率。

表 7-51　工业用铝及铝合金热挤压型材的温室纵向拉伸力学性能（GB/T 6892—2006）

牌号	状态	壁厚/mm	抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率(%)	
					$A_{5.65}$ ①	A_{50mm} ②
			不　小　于			
1050A	H112	—	60	20	25	23
1060	0	—	60～95	15	22	20
	H112	—	60	15	22	20
1100	0	—	75～105	20	22	20
	H112	—	75	20	22	20
1200	H112	—	75	25	20	18
1350	H112	—	60	—	25	23
2A11	0	—	≤245	—	12	10
	T4	≤10	335	190	—	10
		>10～20	335	200	10	8
		>20	365	210	10	—
2A12	0	—	≤245	—	12	10
	T4	≤5	390	295	—	8
		>5～10	410	295	—	8
		>10～20	420	305	10	8
		>20	440	315	10	—
2017	0	≤3.2	≤220	≤140	—	11
		>3.2～12	≤225	≤145	—	11
	T4	—	390	245	15	13
2017A	T4 T4510 T4511	≤30	380	260	10	8
2014 2014A	0	—	≤250	≤135	12	10
	T4 T4510 T4511	≤25	370	230	11	10
		>25～75	410	270	10	—
	T6 T6510 T6511	≤25	415	370	7	5
		>25～75	460	415	7	—
2024	0	—	≤250	≤150	12	10
	T3 T3510 T3511	≤15	395	290	8	6
		>15～50	420	290	8	—
	T8 T8510 T8511	≤50	455	380	5	4
3A21	0、H112	—	≤185	—	16	14
3003 3103	H112	—	95	35	25	20
5A02	0、H112	—	≤245	—	12	10
5A03	0、H112	—	180	80	12	10
5A05	0、H112	—	255	130	15	13
5A06	0、H112	—	315	160	15	13
5005 5005A	H112	—	100	40	18	16

（续）

牌号	状态		壁厚/mm	抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率(%)	
						$A_{5.65}$ ①	A_{50mm} ②
				不小于			
5051A	H112		—	150	60	16	14
5251	H112		—	160	60	16	14
5052	H112		—	170	70	15	13
5154A 5454	H112		≤25	200	85	16	14
5754	H112		≤25	180	80	14	12
5019	H112		≤30	250	110	14	12
5083	H112		—	270	125	12	10
5086	H112		—	240	95	12	10
6A02	T4		—	180	—	12	10
	T6		—	295	230	10	8
6101A	T6		≤50	200	170	10	8
6101B	T6		≤15	215	160	8	6
6005 6005A	T5		≤6.3	260	215	—	7
	T4		≤25	180	90	15	13
	T6	实心型材	≤5	270	225	—	6
			>5~10	260	215	—	6
			>10~25	250	200	8	6
		空心型材	≤5	255	215	—	6
			>5~15	250	200	8	6
6106	T6		≤10	250	200	—	6
6351	0		—	≤160	≤110	14	12
	T4		≤25	205	110	14	12
	T5		≤5	270	230	—	6
	T6		≤5	290	250	—	6
			>5~25	300	255	10	8
6060	T4		≤25	120	60	16	14
	T5		≤5	160	120	—	6
			>5~25	140	100	8	6
	T6		≤3	190	150	—	6
			>3~25	170	140	8	6
6061	T4		≤25	180	110	15	13
	T5		≤16	240	205	9	7
	T6		≤5	260	240	—	7
			>5~25	260	240	10	8
6261	0		—	≤170	≤120	14	12
	T4		≤25	180	100	14	12
	T5		≤5	270	230	—	7
			>5~25	260	220	9	8
			>25	250	210	9	—
	T6	实心型材	≤5	290	245	—	7
			>5~10	280	235	—	7
		空心型材	≤5	290	245	—	7
			>5~10	270	230	—	8

（续）

牌号	状态	壁厚/mm	抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率(%)	
					$A_{5.65}$ ①	A_{50mm} ②
			不　小　于			
6063	T4	≤25	130	65	14	12
	T5	≤3	175	130	—	6
		>3～25	160	110	7	5
	T6	≤10	215	170	—	6
		>10～25	195	160	8	6
6063A	T4	≤25	150	90	12	10
	T5	≤10	200	160	—	5
		>10～25	190	150	6	4
	T6	≤10	230	190	—	5
		>10～25	220	180	5	4
6463	T4	≤50	125	75	14	12
	T5	≤50	150	110	8	6
	T6	≤50	195	160	10	8
6463A	T1	≤12	115	60	—	10
	T5	≤12	150	110	—	6
	T6	≤3	205	170	—	6
		>3～12	205	170	—	8
6081	T6	≤25	275	240	8	6
6082	0	—	≤160	≤110	14	12
	T4	≤25	205	110	14	12
	T5	≤5	270	230	—	6
	T6	≤5	290	250	—	6
		>5～25	310	260	10	8
7A04	0	—	≤245	—	10	8
	T6	≤10	500	430	—	4
		>10～20	530	440	6	4
		>20	560	460	6	—
7003	T5	—	310	260	10	8
	T6	≤10	350	290	—	8
		>10～25	340	280	10	8
7005	T5	≤25	345	305	10	8
	T6	≤40	350	290	10	8
7020	T6	≤40	350	290	10	8
7022	T6 T6510 T6511	≤30	490	420	7	5
7049A	T6	≤30	610	530	5	4
7075	T6 T6510 T6511	≤25	530	460	6	4
		>25～60	540	470	6	—
	T73 T73510 T73511	≤25	485	420	7	5
	T76 T76510 T76511	≤6	510	440	—	5
		>6～50	515	450	6	5

（续）

牌号	状态	壁厚/mm	抗拉强度 R_m/MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$/MPa	断后伸长率(%)	
					$A_{5.65}$ ①	A_{50mm} ②
			不小于			
7178	T6 T6510 T6511	≤1.6	565	525	—	—
		>1.6～6	580	525	—	3
		>6～35	600	540	4	3
		>35～60	595	530	4	—
	T76 T76510 T76511	>3～6	525	455	—	5
		>6～25	530	460	6	5

① $A_{5.65}$表示原始标距（L_0）为5.65 $\sqrt{S_0}$的断后伸长率。

② 壁厚不大于1.6mm的型材不要求伸长率，如需方有要求，则供需双方商定，并在合同中注明。

2. 加工铝材牌号的特性及用途（见表7-52）

表7-52 加工铝材牌号的特性及用途

组别	牌号	旧牌号	特性与用途
高纯铝	1A99、1A97、1A93、1A90、1A85	LG5、LG4、LG3、LG2、LG1	工业用高纯铝，含铝量可高达99.99%（质量分数）。主要用于科学研究、化学工业以及一些其他特殊用途，如生产各种电解电容器用箔材、抗酸容器等。产品有板、带、管、箔等
工业纯铝	1060、1050A、1035、1200 8A06、1A30、1100	L2、L3、L4、L5、L6、L4-1、L5-1	有高的可塑性、耐蚀性、导电性和导热性，但强度低、热处理不能强化，可加工性不好；可气焊、氢原子焊和接触焊，不易钎焊，易承受各种压力加工和拉深、弯曲。用于不承受载荷但要求具有某种特性。如高塑性、高的耐蚀性或导电性、导热性的结构元件，如垫片、电容器、电子管隔离罩、电缆电线、线芯等。1A30主要用于航天工业和兵器工业纯铝膜片等处的板材，1100板材、带材适于制作各种深冲压制品
防锈铝	5A02、5A03	LF2、LF3	强度比3A21高，塑性与耐蚀性高，热处理不能强化，焊接性好（5A03的焊接性优于5A02），在冷作硬化状态下的可加工性较好，退火态下可加工性不良，可抛光。用于在液体下工作的中等强度的焊接件、冷冲压的零件和容器、骨架零件、焊条、铆钉等
	5056	LF5-1	属不可热处理强化铝合金，有一定的强度，耐蚀性、可加工性良好。阳极化处理后表面美观，且电焊性好，可加工成光学机械部件、船舶部件及导线夹、自行车架等结构件
防锈铝	5A06	LF6	有较高的强度和耐蚀性，退火和挤压状态下塑性尚好，氩弧焊焊缝气密性和焊缝塑性尚可，气焊和点焊的焊接接头强度为基体强度的90%～95%，可加工性良好。用于焊接容器、受力零件、飞机蒙皮及骨架零件
	5A05、5B05	LF5、LF10	为铝镁系防锈铝（5B05的含镁量稍高于5A05），强度与5A03相当，热处理不能强化，退火状态塑性高，半冷作硬化塑性中等；用氢原子焊、点焊、气焊、氩弧焊时焊接性能尚好。5A05用于制作在液体中工作的焊接零件、管道和容器以及其他零件，5B05主要用来制作铆钉，铆钉在退火并进行阳极化处理状态下铆入结构
	5A13	LF13	耐蚀性高，焊接性好，导热性、导电性比纯铝低得多。可用冷变形加工进行强化而不能热处理强化。用于焊接结构件、焊条合金
	3A21	LF21	是应用最广的一种防锈铝。它的强度不高，不能热处理强化，在退火状态下有高的塑性，耐蚀性好，焊接性良好，可加工性不良。用于要求高的可塑性和良好的焊接性、在液体或气体介质中工作的低载荷零件，如油箱、油管、液体容器；线材可制作铆钉

（续）

组别	牌号	旧牌号	特性与用途
硬铝	2A01	LY1	为铆接铝合金结构用的主要铆钉材料。在淬火和自然时效后的强度较低，但有很高的塑性和良好的工艺性能，焊接性与 2A11 相同，可加工性尚可，耐蚀性不高。广泛用于中等强度和工作温度不高于 100℃ 的结构用铆钉材料。铆钉在淬火和时效后进行铆接，在铆接中不受热处理后时间限制
	2A02	LY2	为耐热硬铝，且有较高的强度，热变形时塑性高，可热处理强化，在淬火及人工时效状态下使用。可加工性良好，耐蚀性比 2A70、2A80 耐热锻铝好，在挤压半成品中，有形成粗晶环的倾向。用于工作温度为 200～300℃ 的涡轮喷气发动机轴向压缩机叶片及其他在较高温度下工作的承力结构件
	2A04、2B11、2B12	LY4、LY8、LY9	为铆钉用合金，其中 2A04 有较好的耐热性，可在 125～250℃ 范围内使用，2B12 的强度较高；其共同缺点是铆钉必须在淬火后一定时间内铆接，故工艺困难。应用范围受到限制（一般在淬后 2～6h 内铆接）。2B11 用于制作中等强度的铆钉，2B12 用于高强度铆钉时，必须在淬火后 20min 内使用
	2A10	LY10	铆钉用合金，有较高的剪切强度，铆接过程不受热处理时间的限制，这是它优于其他铆钉合金之处，但耐蚀性不高 代替 2A01、2B11、2B12 等用于制作要求较高强度的铆钉，工作温度不宜超过 100℃
	2A11	LY11	是应用最早的一种标准硬铝，有中等强度，可热处理强化，在淬火和自然时效状态下使用，点焊性能良好，气焊及氩弧焊时有裂纹倾向，热态下可塑性尚好，切削加工性在淬火时效状态下尚好，耐蚀性不高。用于各种要求中等强度的零件和构件、冲压的连接部件、空气螺旋桨叶片、局部镦粗的零件（如螺栓、铆钉），用于铆钉应在淬火后 2h 内使用
	2A12	LY12	高强度硬铝，可热处理强化，在退火和刚淬火状态下塑性中等，点焊性能好，气焊和氩弧焊时有裂纹倾向，耐蚀性不高，可加工性在淬火和冷作硬化后尚好、退火后低。用于各种要求高负荷的零件（但不包括冲压件和锻件），如飞机上的骨架零件、蒙皮，以及翼肋、铆钉等 150℃ 以下工作的零件，常用包铝、阳极氧化及涂漆提高耐蚀性
	2A16、2A17	LY16、LY17	耐热硬铝，常温下强度不高而在高温下却有较高的蠕变强度，热态下塑性较高，可热处理强化。2A16 点焊、滚焊及氩弧焊焊接性能良好，耐蚀性不高，可加工性尚好，用于在 250～350℃ 下工作的零件，如轴向压缩机叶片、圆盘；板材用于在常温或高温下工作的焊接件，如容器、气密船舱等。2A17 不可焊接，用于要求高强度的锻件和冲压件
锻铝	6A02	LD2	中等强度，在热态和退火状态下可塑性高，易于锻造、冲压，在淬火和自然时效状态下具有与 3A21 一样好的耐蚀性，易于点焊和氢原子焊，气焊尚可，可加工性在淬火时效后尚可。用于要求高塑性和高耐蚀性、中等载荷的零件以及形状复杂的锻件，如气冷式发动机曲轴箱、直升机桨叶
	6B02、6070	LD2-1、LD2-2	耐蚀性好，焊接性能良好。用于大型焊接结构、锻件及挤压件
	2A50	LD5	高强度锻铝，热态下有高的可塑性，易于锻造、冲压，可热处理强化；工艺性能较好，耐蚀性也较好，但有晶间腐蚀倾向；可加工性和点焊、滚焊、接触焊性能良好，电焊、气焊性能不好。用于形状复杂和中等强度的锻件和冲压件
	2B50	LD6	在热压力加工时（自由锻、模锻、挤压、轧制）有很好的工艺性能，可进行点焊和滚焊，热处理后易产生应力腐蚀倾向和晶间腐蚀敏感性。用于复杂形状的和中等强度的锻造零件和模锻件，如压缩机的叶轮、飞机结构配件、发动机框架等

（续）

组别	牌号	旧牌号	特性与用途
锻铝	2A70、2A80、2A90	LD7、LD8、LD9	耐热锻铝，可热处理强化，点焊、滚焊和接触焊性能良好，电焊、气焊性能差，耐蚀性和可加工性尚好；2A70 的热强性和可塑性均较 2A80 稍高。用于内燃机活塞、压气机叶片、叶轮、圆盘以及其他在高温下工作的复杂锻件。2A90 是较早应用的耐热锻铝，2A90 正逐渐被 2A70、2A80 所代替
	2A14	LD10	高强度锻铝，热强性也较好，但在热态下的可塑性稍差；其他性能和 2A50 相同。用于高负荷和形状简单的锻件和模锻件
	6061、6063	LD30、LD31	6061 用于中等强度（$R_m \geqslant 270$MPa），在 −70 ~ +50℃范围内工作并要求在潮湿和海水介质中具有合格耐蚀性能的零件（如直升机螺旋桨叶、水上飞机轮箱） 6063 用于对强度要求不高（$R_m \geqslant 200$MPa）、耐蚀性能好、有美观装饰表面、在 −70 ~ +50℃工作的零件。可用来装饰飞机座舱，民用建筑中广泛用于窗框、门框、升降梯、家具等。合金经特殊机械热处理后，具有较高强度和高的导电性能，在电气工业方面得到广泛应用 6061、6063 共同特点是中等强度，焊接性优良。耐蚀性及冷加工性好，是使用范围广，很有前途的合金
超硬铝	7A03	LC3	超硬铝铆钉合金，可热处理强化，剪切强度较高，耐蚀性和可加工性尚可，铆接时不受热处理时间的限制。用于受力结构的铆钉。当工作温度不高于 125℃时可作为 2A10 铆钉合金的代用品
	7A04、7A09	LC4、LC9	高强度铝合金，在退火和刚淬火状态下的可塑性中等，可热处理强化，通常在淬火、人工时效状态下使用。此时得到的强度比一般硬铝高得多，但塑性较低；有应力集中倾向，点焊性能良好，气焊不良；热处理后的可加工性良好，退火状态稍差。7A09 板材的静疲劳、缺口敏感、抗应力腐蚀性能稍优于 7A04。用于承力构件和高载荷零件，如飞机上的大梁、桁条、加强框、蒙皮、翼肋、起落架零件等，通常多用以取代 2A12
特殊铝	4A01	LT1	这是一种含硅量为 5% 的低合金化二元铝硅合金，其力学性能不高，但耐蚀性很高；压力加工性能良好。适用于制作焊条和焊棒，用于焊接铝合金制品

7.3 非金属材料

7.3.1 橡胶

橡胶是一种有机高分子弹性化合物，它的相对分子质量一般都在几十万以上，有的甚至达到 100 万以上。组成这种大分子的原子通常排列成柔性的直链或支链，分子链呈卷缩状态。橡胶在工业、农业、交通、运输和国防工业方面以及人民生活当中起着重要的作用。

橡胶主要特点是在很宽的温度范围内（−70 ~ +250℃）具有较为优越的弹性。橡胶的高弹性和一般材料（如金属、玻璃等）的普通弹性的主要区别是：①弹性模量小，形变大；②弹性模量随温度升高而升高。③高弹形变时的热效应与普弹形变相反，橡胶拉伸时放热；④高弹形变最大的特点是形变需要时间，即具有所谓的应变应力的“滞后”现象。

7.3.1.1　常用橡胶的品种、性能和用途（表 7-53）

表 7-53　常用橡胶的品种、性能和用途

品种(代号)	化学组成	性能特点和用途
天然橡胶(NR)	橡胶烃(聚异戊二烯)为主,含少量树脂酸、无机盐等	弹性大,抗撕裂和电绝缘性优良,耐磨性和耐寒性好,易与其他材料黏合,综合性能优于多种合成橡胶,缺点是耐氧性和耐臭氧性差,容易老化变质,耐油性和耐溶蚀性不好,抗酸碱能力低,耐热性差,工作温度不超过 100℃,用于制作轮胎、胶管、胶带、电缆绝缘层
丁苯橡胶(SBR)	丁二烯和苯乙烯的共聚体	产量最大的合成橡胶,耐磨性、耐老化和耐热性超过天然橡胶。缺点是弹性较低,抗屈挠性能差,加工性能差,用于代替天然橡胶制作轮胎、胶管等
顺丁橡胶(BR)	由丁二烯聚合而成	结构与天然橡胶基本一致,弹性和耐磨性优良,耐老化性好,耐低温性优越,发热小,易与金属黏合,缺点是强度较低,加工性能差。产量仅次于丁苯橡胶,一般与天然橡胶或丁苯橡胶混用。主要用于制造轮胎、传送带和特殊耐寒制品
异戊橡胶(IR)	由异戊二烯为单体聚合而成	化学组成、结构与天然橡胶相似,性能也相近。有天然橡胶的大部分优点,耐老化性能优于天然橡胶,但弹力和强度较差
氯丁橡胶(CR)	由氯丁二烯作为单体,聚合而成	有优良的抗氧性、不易燃,着火后能自熄、耐油、耐溶剂、耐酸碱、耐老化、气密性好。力学性能不低于天然橡胶。主要缺点是耐寒性差,密度较大,相对成本高,电绝缘性不好,用于重型电缆护套,要求耐油、耐腐蚀的胶管、胶带、化工设备衬套里,要求耐燃的地下矿山传送带、密封圈、粘接剂等
丁基橡胶(HR)	异丁烯和少量异戊二烯或丁二烯的共聚体	耐臭氧、耐老化、耐热性好,可长期工作在 130℃以下,能耐一般强酸和有机溶剂,吸振、阻尼性好,电绝缘性非常好。缺点是弹性不好,加工性能差。用作内胎、电线电缆绝缘层、防振制品及耐热运输带等
乙丙橡胶(EPM)	乙烯和丙烯的共聚体	相对密度最小(0.865)、成本较低,化学稳定性很好,耐臭氧、耐老化性能很好、电绝缘性突出,耐热可达 150℃左右,但不耐脂肪烃及芳香烃。缺点是黏着性能差、硫化缓慢,用于化工设备衬里、电线、电缆包皮、蒸汽胶管及汽车配件等
硅橡胶(Si)	主链含有硅、氟原子的特种橡胶	耐高温可达 300℃,低温可达 -100℃,是目前最好的耐寒、耐高温橡胶,绝缘性优良,缺点是强度低、耐油、耐溶剂、耐酸碱性差。价格较贵。主要用于耐高、低温制品,如胶管、密封件、电缆绝缘层,由于无毒、无味可用于食品、医疗
氟橡胶(FPM)	由含氟共聚体得到的	耐高温可达 300℃,耐油性是最好的。不怕酸碱、抗辐射及高真空性能优良,力学性能、电绝缘、耐化学药品腐蚀、耐大气老化等能力都很好,性能全面。缺点是加工性差,价格昂贵,耐寒性差,弹性较低。主要用于飞机、火箭的密封材料、胶管等
聚氨酯橡胶(UR)	由聚酯(或聚醚)与二异氰酸酯类化合物聚合而成	耐磨性好,强度、弹性高。耐油性、耐臭氧、耐老化、气密性也都很好。缺点是耐湿性较差,耐水和耐碱性不好,耐溶剂性较差,用于制作轮胎及耐油、耐苯零件、垫圈防振制品等,以及要求高耐寒、高强度、耐油的场合
氯化聚乙烯橡胶	乙烯、氯乙烯与二氯乙烯的三元聚合物	性能与氯磺化聚乙烯橡胶相近,其特点是流动性好,容易加工,有优良的耐大气老化性、耐臭氧性和耐电晕性。缺点是弹性差,电绝缘性较差。用于胶管、胶带、胶辊、化工容器衬里等

7.3.1.2　工业用橡胶板（见表 7-54）

表 7-54　工业用橡胶板规格

厚度/mm	公称尺寸	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10
	偏差	±0.1	±0.2	±0.3			±0.4	±0.5		±0.6	±0.8	±1.0
理论质量/(kg·m^{-2})		0.75	1.5	2.25	3.0	3.75	4.5	6.0	7.5	9.0	12	15
厚度/mm	公称尺寸	12	14	16	18	20	22	25	300	40	50	
	偏差	±1.2	±1.4	±1.5								
理论质量/(kg·m^{-2})		18	21	24	27	30	33	37.5	45	60	75	

注：1. 工业橡胶宽度为 0.5～2.0m。

2. 适用于天然橡胶或合成橡胶为主体材料制成的工业橡胶板。

7.3.1.3 石棉橡胶板（见表 7-55 ~ 表 7-57）

表 7-55 石棉橡胶板的牌号、性能规格（GB/T 3985—2008）

牌号	表面颜色	适用条件	性能					
			R_m/MPa ≥	密度/(g·cm^{-3})	压缩率(%)	回弹率(%) ≥	应力松弛率(%) ≤	蒸汽密封性
XB450	紫色	450℃,压力为6MPa	19.0	1.6~2.0	7~17	45	50	在 440 ~ 450℃,压力 11 ~ 12MPa,保持 30min,无击穿
XB400		400℃,压力为5MPa	15.0					在 300 ~ 400℃,压力 8 ~ 9MPa,保持 30min,无击穿
XB350	红色	350℃,压力为4MPa	12.0			40		在 340 ~ 350℃,压力 7 ~ 8MPa,保持 30min,无击穿
XB300		300℃,压力为3MPa	9.0					在 290 ~ 300℃,压力 4 ~ 5MPa,保持 30min,无击穿
XB200	灰色	200℃,压力为1.5MPa	6.0			35		在 200 ~ 220℃,压力 2 ~ 3MPa,保持 30min,无击穿
XB150		150℃,压力为0.8MPa	5.0					在 140 ~ 250℃,压力 1.5 ~ 2MPa,保持 30min,无击穿

注：1. 适用于最高温度 450℃，最高压力为 6MPa 的水、水蒸气等介质的设备、管道法兰连接用密封衬垫材料。
2. 根据需要石棉橡胶板表面可涂石墨。
3. 石棉橡胶板的厚度系列为：0.5，0.6，0.8，1.0，1.5，2.0，2.5，3.0，>3.0mm。

表 7-56 耐油石棉橡胶板的牌号、使用条件、规格

标记	表面颜色	适用条件	适用范围	厚度/mm	宽、长/m
NY150	灰白	最高温度 150℃ 最大压力 1.5MPa	作炼油设备及管道及汽车、拖拉机、柴油机的输油管道接合处的密封	0.4;0.5;0.6;0.8;0.9;1.2;1.5;2.0;2.5;3.0	宽:0.55;0.62;1.2;1.26;1.5 长:0.55;0.62;1.0;1.26;1.35;1.5
NY250	浅蓝色	最高温度 250℃ 最大压力 2.5MPa	作炼油设备及管道法兰连接处的密封		
HNY300	绿色	最高温度 300℃	作航空燃油、石油基润滑油及冷气系统的密封		
NY400	石墨色	最高温度 400℃ 最大压力 4MPa	作热油、石油裂化、煤蒸馏设备及管道法兰连接处的密封		

注：适用于油类、冷气系统等设备、管道法兰接用密封衬垫材料。

表 7-57 耐油石棉橡胶板的性能

项目		NY400	NY250	NY150	HNY300
密度/(g·cm^{-3})		1.60 ~ 2.0			
压缩率(%)		12 ± 5			
回弹率(%) ≥		50	45	35	50
油密封性	温度 15 ~ 30℃	压力为 12MPa	压力为 10MPa	压力为 8MPa	压力为 15MPa
	介质为 75 号航空汽油或 3 号喷气燃料	完全密封			
腐蚀性	对硬铝板、低碳钢板	—		无腐蚀	
横向 R_m/MPa ≥		—	11.0	9.0	12.7
应力松弛率(%) ≤		45		—	4.5

7.3.2 塑料

塑料是以合成的或天然的高分子化合物为基本成分，在将其制造或加工过程的某一阶段可流动成形的材料，其成品状态为柔韧性或刚性固体但又非弹性体的材料。多数塑料以合成

树脂为基本成分，一般含有填料、增塑剂、稳定剂及其他助剂。

7.3.2.1　塑料的分类、名称、特性和应用

1. 塑料的分类

（1）根据塑料的用途分类

可分为通用塑料、工程塑料和特种塑料。

通用塑料是指产量大、应用范围广泛、价格低、综合性能较好但是力学性能一般的一类塑料。主要用于非结构材料，如聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、丙烯腈-苯乙烯-丁二烯共聚物（ABS）等。

工程塑料是指物理力学性能及热性能好，能在较宽的温度范围和苛刻的物理、化学环境下使用的塑料。价格较昂贵，性能优异，可作为结构材料。工程塑料一般分为通用工程塑料和特种工程塑料两种。如聚酰胺（也称尼龙）（PA）、聚甲醛（POM）、聚碳酸酯（PC）等。

特种塑料是指具有特种功能，应用特殊领域的塑料。如导电塑料、压电塑料、磁性塑料等。

（2）根据塑料受热后的性能变化分类

可分为热塑性塑料和热固性塑料。

热塑性塑料加热时变软以至熔融流动，冷却时凝固变硬，这种过程是可逆的，可以反复进行，工艺上具有多次重复加工性。如聚乙烯基类、聚苯乙烯类、聚酰胺类、聚丙烯酸酯类、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚等。

热固性塑料在第一次加热时可以软化流动，加热到一定的温度时产生化学反应，交联固化而变硬，其过程是不可逆的，再次加热已不能变软，工艺上不具有重复加工性。如酚醛、脲醛、三聚氰胺、环氧树脂、不饱和聚酯、有机硅等。

2. 塑料的特性和应用

（1）塑料的优点

1）密度小，最小为聚 4-甲基-1-戊烯（TPX 塑料或称 PMP），只有 0.83g/cm^3；最大的为聚氟乙烯（PVF），为 2.2g/cm^3。

2）比强度高，有很多种塑料的比强度超过钢材。

3）不溶于水，耐化学腐蚀，耐酸，耐碱。

4）不导电，是优良的绝缘材料；不导热，是优良的隔热材料，也能隔声。

5）比较耐磨，有独特的自润滑性能，有些材料的耐疲劳性能好过钢材。

有人这样形容塑料的性能：像棉花一样洁白；像玻璃一样透明；像海绵一样轻软；像陶瓷一样绝缘；像钢材一样强韧；像石棉一样隔热；像金子一样防锈；做成齿轮，不用润滑。

（2）塑料的缺点

1）表面硬度低，容易刮伤。

2）蠕变性大，不能承受重载荷。

3）弹性模量小。

4）不耐高温。

（3）塑料的用途

由于塑料的这些特殊的性能，其被广泛用于各类工业产品包装、农业中地表薄膜、输水

管道、家用电器外壳、医疗器械、电线、电缆、通信，航空等领域。

3. 常用塑料的特性与用途（见表7-58、表7-59）

表7-58 常用热固性塑料的特性与用途

名称	特性与用途
酚醛树脂塑料（PF）	力学性能很好，耐热性较高，工作温度可以超过100℃，在水润滑时摩擦因数很低（0.01～0.03），电性能优良，抗酸碱腐蚀能力较好，成形简单，价廉。特点是较脆，耐光性差，加工性差，只能模压。用于制造电器绝缘件、水润滑轴承、轴瓦、带轮、齿轮、摩擦轮等
脲醛树脂塑料	脲醛树脂和填料、颜色和其他添加剂组成。有优良的电绝缘性，耐电弧好，硬度高，耐磨，耐弱碱、有机溶剂，透明度好，制品色彩鲜艳，价格低廉，无臭无味，但不耐酸和强碱。缺点是强度、耐水性、耐热性都不及酚醛树脂。用于制造电绝缘件、装饰件和日用品
三聚氰胺甲醛树脂塑料	性能同上，但耐水、耐热性能好，耐电弧性能很好，在20～100℃之间性能无变化。使用矿物填料时，可在150～200℃范围内使用。无臭无毒，但价格较贵。用于制造电气绝缘件，要求较高的日用品、餐具、医疗器具等
环氧树脂塑料	强度较高，韧性较好，电绝缘性能好，有防水、防霉能力，可在－80～150℃下长期工作，在强碱及加热情况下容易被碱分解，脂环型环氧树脂的使用温度可达200～300℃，用于制造塑料模具，精密量具，机械、仪表和电气构件
有机硅塑料	有机硅树脂与石棉、云母或玻璃纤维等配制而成，耐热性高，可在180～200℃长期工作，耐高压电弧，高频绝缘性好，能耐碱、盐和弱酸，不耐强酸和有机溶剂。用作高绝缘件、湿热带地区电机、电气绝缘件、耐热件等
聚氨酯塑料	柔韧、耐磨、耐油、耐化学药品、耐辐射、易于成形，但不耐强酸，泡沫聚氨酯的密度小、导热性低，具有优良的弹性、隔热、保温和吸声、防振性能，主要用于泡沫塑料

表7-59 常用热塑性塑料的特性与用途

名称	特性与用途
低密度聚乙烯（LDPE）	有良好的柔软性、延伸性、电绝缘性和透光性，但力学强度、隔湿性、隔气性、耐溶剂性较差。用作各种薄膜和注射、吹塑制品，如包装袋、建筑及农用薄膜、挤出管材（引水管、排灌管）
高密度聚乙烯（HDPE）	有较高的刚性和韧性，优良的机构强度和较高的使用温度（80℃），有较好的耐溶剂性、耐蒸汽渗透性和耐环境应力开裂性。用作中空的各种耐腐蚀容器、自行车、汽车零件、硬壁压力管、电线电缆外套管，冷热食品、纺织品的高强度超薄膜以及建筑装饰板等
中密度聚乙烯（MDPE）	有较好的刚性、良好的成形工艺性和低温特性，其抗拉强度、硬度、耐热性不如HDPE，但耐应力开裂和强度长期保持性较好。用作压力管道、各种容器及高速包装用薄膜，还可制造发泡制品
超高分子量聚乙烯（UHMW-PE）	用途十分广泛，主要用于制造耐摩擦抗冲击的机械零件，代替部分钢铁和其他耐磨材料，如制造齿轮、轴承、导轨、汽车部件、泥浆泵叶轮以及人造关节、体育器械、大型容器、异形管材
聚丙烯（PP）	是最轻塑料之一，特别是软化点高、耐热性好，连续使用温度高达110～120℃，抗拉强度和刚性都较好，硬度大、耐磨性好，耐绝缘性和化学稳定性很好，其薄膜阻水阻气性很好且无毒，冲击强度高、透光率高，主要缺点是低温冲击性差、易脆化。主要用于医疗器械、家用厨房用器具，家电零部件、化工耐腐蚀零件及包装箱、管材、板材；薄膜用于纺织品和食品包装
聚酰胺（又称尼龙）（PA）	有尼龙-6、尼龙-66、尼龙1010、尼龙-610、铸型尼龙、芳香尼龙等品种。尼龙坚韧、耐磨耐疲劳、抗蠕变性优良；耐水浸，但吸水性大 用于汽车、机械、化工和电气零部件，如轴承、齿轮、凸轮、泵叶轮、高压密封圈、阀座、输油管、储油容器等；铸型PA可制大型机械零件
硬质聚氯乙烯（PVC）	机械强度高，化学稳定性及介电性优良，耐油性和抗老化性也较好，易熔接及黏合，价格较低，缺点是使用温度低（在60℃以下）、线胀系数大，成形加工性不良 制品有管、棒、板及管件、工业型材和成形各种机械零件，还可用作耐腐蚀的结构材料或设备衬里材料（代替有色合金、不锈钢和橡胶）及电气绝缘材料
软质聚氯乙烯（PVC）	抗拉强度、抗弯强度及冲击韧度均较硬质聚氯乙烯低，但破裂伸长率较高，质柔软、耐摩擦、挠曲，弹性良好，吸水性低，易加工成形，有良好的耐寒性和电气性能，化学稳定性强，能制各种鲜艳而透明的制品，缺点是使用温度低，在－15～55℃。以制造工业、农业、民用薄膜（雨衣、台布）及人造革和电线、电线包覆等为主，还有各种中空容器及日常生活用品

（续）

名　称	特 性 与 用 途
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）	有良好的综合性能，即高的冲击强度和良好的力学性能，优良的耐热、耐油性能和化学稳定性，易加工成形，表面光泽性好、无毒、吸水性低，易进行涂装、着色和电镀等表面装饰，介电性能良好 用途很广，在工业中作一般结构件或耐磨受力传动零件，如齿轮、泵叶轮、轴承；电机、仪表及电视机等外壳；建筑行业中的管材、板材；用 ABS 制成泡沫夹层板可做小轿车车身
聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）（PMMA）	最重要的光学塑料，具有优良的综合性能、优异的光学性能，透光性可与光学玻璃媲美，几乎不吸收可见光的全波段光，透光率大于 91%，光泽好、轻而强韧，成形加工性良好，耐化学药品性、耐候性好，缺点是表面硬度低、易划伤、静电性强、受热吸水、易膨胀，可做光学透镜及工业透镜、光导纤维、各种透明罩、窗用玻璃、防弹玻璃及高速航空飞机玻璃和文化用品、生活用品
聚砜（PSU）	有很高的力学性能、绝缘性能和化学稳定性，可在 -100 ~ 150℃长期使用，在高温下能保持常温下所具有的各种力学性能和硬度，蠕变值很小。用 PTFE 充填后，可做摩擦零件。适用于高温下工作的耐磨受力传动零件，如汽车分动器盖、齿轮以及电绝缘零件等
聚苯醚（PPO）	在高温下有良好的力学性能，特别是抗拉强度和蠕变性极好，具有较高的耐热性，尺寸稳定性强，成形收缩率低，电绝缘性优良，耐高浓度的酸、碱、盐的水溶液。适于在高温下工作的耐磨受力传动零件和耐腐蚀的化工设备与零件，还可代替不锈钢做外科医疗器械
聚碳酸酯（PC）	具有突出的冲击韧度（为一般热塑性塑料之首）和抗蠕变性能，有很高的耐热性，耐寒性也很好，脆化温度达 -100℃，抗弯、抗拉强度与尼龙相当，并有较高的延伸率和弹性模量，尺寸稳定性好，耐磨性与尼龙相当，有一定的抗腐蚀能力，透明度高，但易产生应力开裂 用于制作传递中小载荷的零部件，如齿轮、蜗轮、齿条、凸轮、轴承、螺钉、螺母、离心泵叶轮、阀门、安全帽，需高温消毒的医疗手术器皿，无色透明聚碳酸酯可用于制造飞机、车、船挡风窗玻璃等
聚甲醛（POM）	抗拉强度、冲击强度、刚性、疲劳强度、抗蠕变性能都很高，尺寸稳定性好、吸水性小、摩擦因数小，且有突出的自润滑性、耐磨性和耐化学药品性，价格低于尼龙，缺点是加热易分解 在机械、电气、建筑、仪表等方面广泛用作轴承、齿轮、凸轮、导轨等构件代替铜、锌等有色金属和合金，并可做电动工具外壳，化工、水、煤气的管道和阀门等
聚对苯二甲酸乙二酯（PTFE）	具有很高的力学性能、抗拉强度超过聚甲醛，吸水性小、线胀系数小、尺寸稳定性高，热力学性能和冲击性能很差，耐磨性同聚甲醛和尼龙 主要用于纤维，少量用于薄膜和工程塑料，薄膜主要用于电气绝缘材料和片基，如电影胶片、磁带，用作耐磨受力传动零件
聚四氟乙烯（PTFE）	耐高低温性能好，可在 -250 ~ 260℃内长期使用，耐磨性好，静摩擦因数是塑料中最小的，自润滑性、电绝缘性优良，具有优异的化学稳定性，强酸、强碱、强氧化剂、油脂、酮、醚、醇在高温下对它也不起作用，缺点是力学性能较低，刚性差、热导率低、热膨胀大，需采用预压烧结法，成形加工费用较高 主要用作耐化学腐蚀、耐高温的密封元件，也可做输送腐蚀介质的高温管道，耐腐蚀衬里容器以及轴承、导轨、无油润滑活塞环、密封圈等
聚三氟氯乙烯（PCTFE）	耐热、电性能和化学稳定性仅次于 PTFE，在 180℃的酸、碱和盐的溶液中亦不溶胀或侵蚀，机械强度、抗蠕变性、硬度都比 PTFE 好些，长期使用温度为 -190 ~ 130℃，涂层与金属有一定的附着力，其表面坚韧、耐磨、有较高的强度。悬浮液涂于金属表面可作防腐、电绝缘防潮等涂层
全氟（乙烯-丙烯）共聚物（FEP）	力学性能、化学稳定性、电绝缘性、自润滑性等基本上与 PTFE 相同，可在 -250 ~ 200℃长期使用，突出的优点是冲击强度高，即使带缺口的试样也冲不断。与 PTFE 相同，用于制作要求大批量生产或外形复杂的零件，并可用注射成形代替 PTFE 的冷压烧结成形

7.3.2.2 常用工程塑料选用参考实例（见表7-60）

表7-60 常用工程塑料选用参考实例

用途	要求	应用举例	材料
一般结构零件	强度和耐热性无特殊要求，一般用来代替钢材或其他材料，但由于批量大，要求有较高的生产率，成本低，有时对外观有一定要求	汽车调节器盖及喇叭后罩壳、电动机罩壳、各种仪表罩壳、盖板、手轮、手柄、油管、管接头、紧固件等	高密度聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯等，这些材料只承受较低的载荷，可在60～80℃范围内使用
	与上述相同，并要求有一定的强度	罩壳、支架、盖板、紧固件等	聚甲醛、尼龙1010
透明结构零件	除上述要求外，必须具有良好的透明度	透明罩壳、汽车用各类灯罩、油标、油杯、光学镜片、信号灯、防护玻璃以及透明管道等	改性有机玻璃、改性聚苯乙烯、聚碳酸酯
耐磨受力传动零件	要求较高的强度、刚性、韧性、耐磨性、耐疲劳性，并有较高的热变形温度、尺寸稳定	轴承、齿轮、齿条、蜗轮、凸轮、辊子、联轴器等	尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯、聚酚氧等。这类塑料的拉伸强度都在58.8kPa以上，使用温度可达80～120℃
减摩自润滑零件	对机械强度要求往往不高，但运动速度较高，故要求具有低的摩擦因数、优异的耐磨性和自润滑性	活塞环、机械动密封圈、填料、轴承等	聚四氟乙烯、聚四氟乙烯填充的聚甲醛等，在小载荷、低速时可采用低压聚乙烯
耐高温结构零件	除耐磨受力传动零件和减摩自润滑零件要求外，还必须具有较高的热变形温度及高温抗蠕变性	高温工作的结构传动零件，如汽车分动器盖、轴承、齿轮、活塞环、密封圈、阀门、螺母等	聚砜、聚苯醚、氟塑料、聚苯亚胺，以及各种玻璃纤维增强塑料等，这些材料都可在150℃以上使用
耐腐蚀设备零件	对酸、碱和有机溶剂等化学药品具有良好的抗腐蚀能力，还具有一定的机械强度	化工容器、管道、阀门、泵、风机、叶轮、搅拌器以及它们的涂层或衬里等	聚四氟乙烯、氯化聚醚、聚氯乙烯、低压聚乙烯、聚丙烯、酚醛塑料等

第 8 章　连接与紧固

8.1　螺纹及螺纹连接

8.1.1　基本设计方法

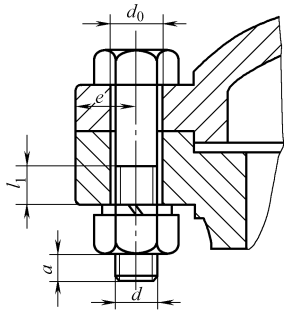
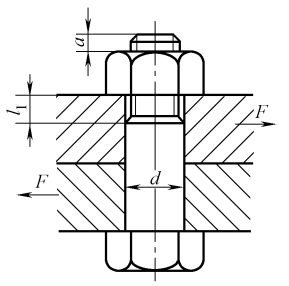
为了满足机器的制造、安装、运输、调整和维修等功能，必须将许多零部件通过一定的方式连接起来。连接分为可拆连接和不可拆连接两大类，可拆连接应用最广。利用螺纹零件构成的可拆连接称之为螺纹连接，螺纹连接是可拆连接中应用最广、最重要的一种连接方式。因此设计者必须了解常用的螺纹连接的结构设计、受力分析及强度计算的基本理论和基本设计方法。

8.1.1.1　螺栓组连接的结构设计

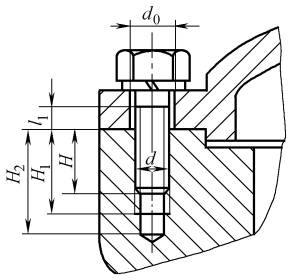
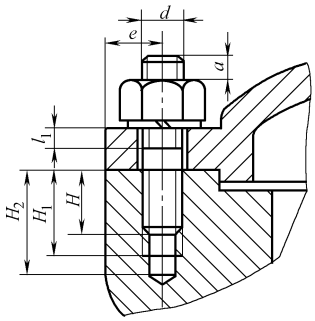
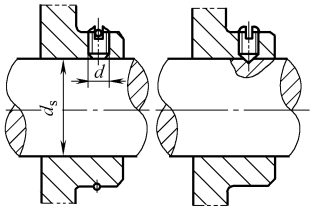
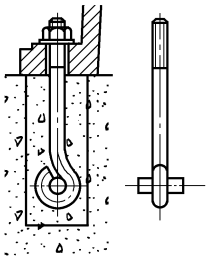
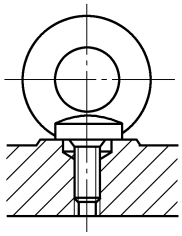
1. 螺纹连接的类型及结构

螺纹连接根据其结构可分为四种基本类型，即螺栓连接、螺钉连接、双头螺柱连接和紧定螺钉连接；两个特殊连接类型，即地脚螺栓与吊环螺栓。主要几种类型的螺纹连接结构形式、主要尺寸、特点和应用列于表 8-1。

表 8-1　螺纹连接的主要类型

类型	结构形式		主要尺寸	特点和应用
螺栓连接	普通螺栓连接		1. 螺纹余留长度： 受拉螺栓连接 静载荷 $l_1 \geqslant (0.3 \sim 0.5)d$ 变载荷 $l_1 \geqslant 0.75d$ 冲击、弯曲载荷 $l_1 \geqslant d$ 受剪螺栓连接 l_1 尽可能小 2. 螺纹伸出长度：$a \approx (0.2 \sim 0.3)d$ 3. 螺栓轴线到被连接件边缘的距离 $e = d + (3 \sim 6)\text{mm}$	普通螺栓连接也称受拉螺栓连接，用于被连接件不太厚并且能穿透的场合。螺栓的螺杆带钉头，通孔为钻孔，因此加工精度要求低；钻孔孔径比螺栓的外径要大，螺杆穿过通孔与螺母配合使用。拧紧螺母时，因装配后孔与杆有间隙，所以螺栓受拉。结构简单，装拆方便，使用时，不受被连接件的材料限制，可多次装拆，应用广泛
	铰制孔光制螺栓连接			铰制孔光制螺栓连接也称受剪螺栓连接，螺栓杆和螺栓孔采用基孔制过渡配合（H7/m6，H7/n6），能精确固定被连接件的相对位置，承受横向载荷，但孔的加工精度要求高，需钻孔后铰孔，因此加工费用较高，一般用于精密螺栓连接，也可作定位用螺栓

（续）

类型	结构形式	主要尺寸	特点和应用
螺钉连接		1. 螺纹旋如深度 钢或青铜 $H \approx d$ 铸铁 $H \approx (1.25 \sim 1.5)d$ 铝合金 $H \approx (1.5 \sim 2.5)d$ 2. 螺纹孔深度 $H_1 \approx H + (2 \sim 2.5)p$ 3. 钻孔深度 $H_2 = H_1 + (0.5 \sim 1)d$ 式中 p—螺距	螺钉连接不用螺母，直接将螺钉拧入被连接件的螺纹孔内。螺钉连接适于被连接件之一较厚（此件上带螺纹孔）的场合，但是由于经常拆卸容易使螺纹孔损坏，所以用于不需经常装拆的场合或受载较小情况
双头螺柱连接			双头螺柱连接适于被连接件之一较厚（此件上带螺纹孔）的场合，双头螺柱的螺杆两端无钉头，但均有螺纹，装配时一端旋入被连接件，另一端配以螺母。适用于被连接件之一较厚并且经常拆卸的场合，因为拆装时只需拆螺母，而不将双头螺栓从被连接件中拧出，因此可以保护被连接件的内螺纹
紧定螺钉连接		$d \approx (0.2 \sim 0.3)d_s$ 转矩大时取大值	紧定螺钉拧入后，利用杆末端顶住另一零件表面或旋入零件相应的缺口中以固定零件的相对位置。可传递不大的轴向力或转矩，多用于轴上零件的固定
地脚螺栓连接		地脚螺栓连接也有好多种类型，详见 GB/T 799	机座或机架固定在地基上，需要特殊螺钉，即地脚螺钉，其头部为钩形结构，预埋在水泥地基中，连接时将机座或机架的地脚螺栓孔套在地脚螺栓露出的栓杆上，然后再用螺母固定
吊环螺栓连接		分为 A 型（如图所示，无退刀槽）和 B 型（有退刀槽）两种结构，详见 GB/T 825	吊环螺栓连接通常用于机器的大型顶盖或外壳的吊装用，例如减速器的上箱体，为了吊装方便，可用吊环螺钉连接

2. 螺栓组连接的结构设计

工程上螺栓都是成组使用，因此称螺栓组，螺栓组连接的结构设计原则是：

1）螺栓布局要尽量对称分布，螺栓组中心与形心重合，对于圆形构件布置螺栓时，螺栓数目一定要取偶数，有利于分度、划线、钻孔。

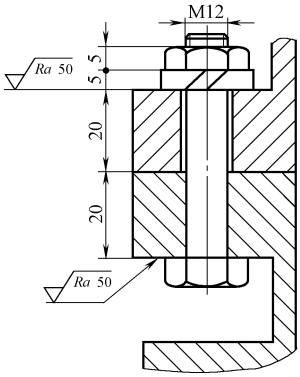
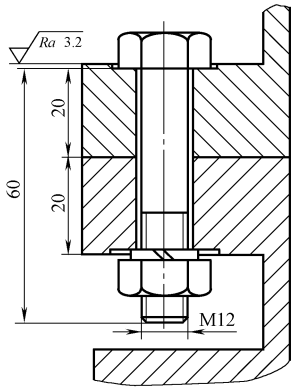
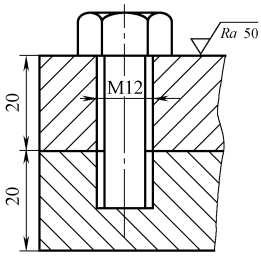
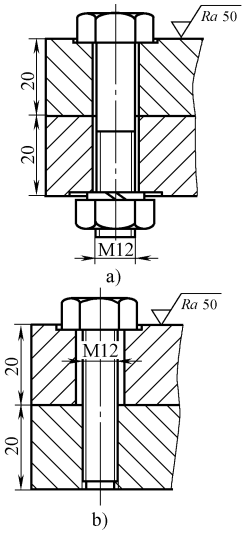
2）一组螺栓设计成直径、长度、材料都相等，有利于加工和美观。

3）设计合理的螺栓间距，适当的边距，应满足扳手空间以利用扳手装拆，尺寸可查《机械设计手册》。

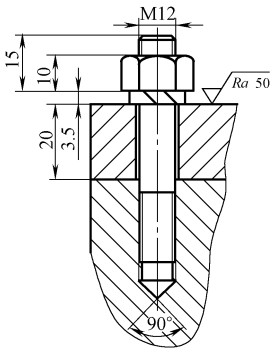
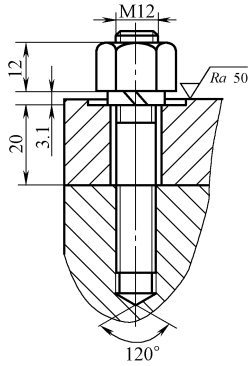
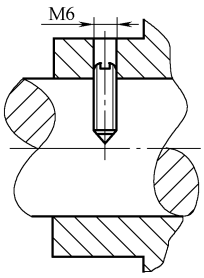
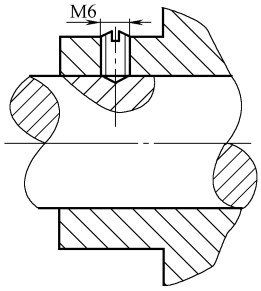
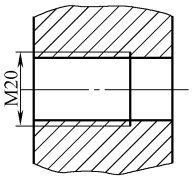
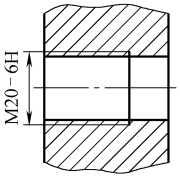
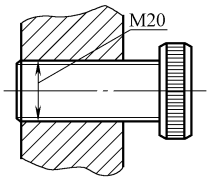
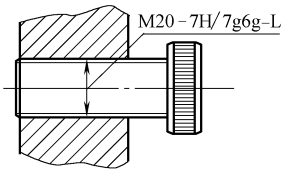
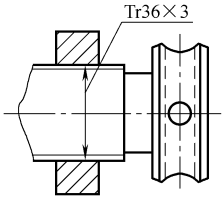
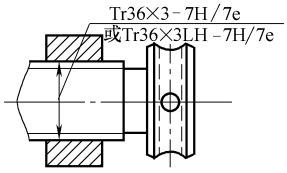
4）装配时，对于紧螺栓连接，应使每个螺栓预紧程度（预紧力）尽量一致。

螺栓组连接的结构设计实例正误列于表 8-2。

表 8-2　螺栓组连接的结构设计正误图

连接类型	错误结构	正确结构	结构设计说明
普通螺栓连接			左图中错误：①整个螺栓装不进去，应该掉过头来安装；②不应当用扁螺母，选用一般螺母，根据 GB/T 41—2000，M12 的螺母其厚度为 12.17mm；③弹簧垫的尺寸不对；④弹簧垫的缺口方向不对；⑤螺栓长度不对，根据被连接件的厚度，按 GB/T 5782—2000 应取标准长 M12×60；⑥铸造表面应加沉孔；⑦被连接件的两块板均应当为钻孔；⑧螺纹余留长度太短
螺钉连接			左图中错误：①此结构不应当用螺钉连接，因为被连接件的两块板都比较薄，只有当被连接件有一个很厚、钻不透时才采用螺钉连接。本结构应当改为螺栓连接，具体结构和尺寸如图 a 所示；②如果一定要设计为螺钉连接，则上边的板应该开通孔，螺钉的螺纹应与下边板的内螺纹相拧紧；被连接件即下边的板也应当有内螺纹；一般可不必采用全螺纹，改正后的结构如图 b 所示

（续）

连接类型	错误结构	正确结构	结构设计说明
双头螺柱连接			左图中错误：①双头螺柱的光杆部分不能拧进被连接件的内螺纹；②锥孔角度应为 120 °，且画到了外螺纹的外径，应该画到钻孔的直径处；③被连接件为铸造表面，安装双头螺柱连接时必须将表面加工平整，故采用沉孔；④螺母的厚度不够；⑤弹簧垫的厚度不对，正确的结构如右图所示
紧定螺栓连接			左图中错误：①螺钉掉在坑里，无法拧进，因为轴套上为光孔，没加工成螺纹，因此螺栓拧不进；应当将轴套上加工成内螺纹；②轴上无螺纹，螺钉拧不进，无法与紧定螺钉的螺纹相拧合。建议进行如下设计改进：如果载荷较小时，可以改为如右图的结构，即轴套上加工成螺纹与紧定螺钉的螺纹相拧合，抵紧在轴上进行定位。如果载荷较大时，可以在轴上钻孔、攻螺纹，将紧定螺钉与轴上的内螺纹拧紧
螺纹公差及精度			左图中错误：内螺纹为不完整的标注，没有标出公差；应改为完整的三角形内螺纹的标注，即标出公差
			左图中错误：为不完整的三角形螺纹连接的标注，没有标出公差；应改为完整的螺纹副的标注
			左图中错误：为不完整的梯形螺纹副的标注，没有标出公差；应改为完整的螺纹副的标注。横线上面的标注为右旋螺纹；如果为左旋螺纹，则按横线下面的标注

8.1.1.2　螺栓组连接的受力分析及强度计算

1. 螺栓组连接的受力分析

螺栓组连接的受力分析目的是求出一组螺栓中受力最大的螺栓受的力，作为强度计算的数据。

假设：① 被连接件为刚体；

② 各个螺栓的材料、直径、长度均相同；

③ 螺栓的应变在弹性范围内。

根据以上假设，进一步讨论当作用于一组螺栓的外载荷是轴向力、横向力、扭矩和翻倒力矩时，一组螺栓中受力最大的螺栓所受的力。

（1）螺栓组连接受轴向载荷 F_Q

如图 8-1 所示，作用于压力容器螺栓组几何形心的载荷为 F_Q，螺栓个数为 Z，则每个螺栓所受的工作拉力为

$$F = \frac{F_Q}{Z} \tag{8-1}$$

（2）螺栓组连接受横向载荷 F_R

一组螺栓受横向载荷作用，螺栓有可能受到剪切，如图 8-2b 所示；如果采用受拉螺栓，则螺栓受拉而不受剪，如图 8-2a 所示。

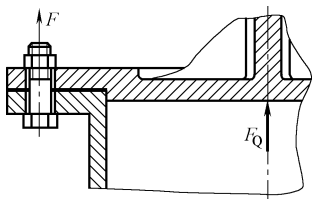


图 8-1　螺栓组连接受轴向载荷

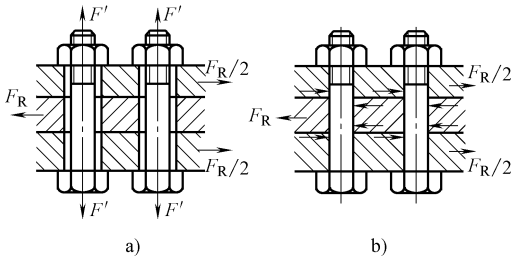


图 8-2　螺栓组连接受横向载荷

1）采用受拉螺栓（普通螺栓）。

如图 8-2a 所示，此时的螺栓在安装时每个螺栓受预紧力 F' 作用，而被连接件受夹紧力（正压力）作用，夹紧力产生的摩擦力与外载荷平衡，可得出螺栓受的预紧力：

$$F' \geqslant \frac{K_f \cdot F_R}{Z \cdot \mu_S \cdot m} \tag{8-2}$$

式中　K_f——安全系数，取 1.1 ~ 1.3；

F_R——螺栓组所受的横向载荷（N）；

Z——螺栓个数；

μ_S——结合面间的摩擦因数；

m——被连接件的结合面数，两块板时 $m = 1$。

2）采用受剪螺栓（铰制孔光制螺栓）。

如图 8-2b 所示，此时横向外载荷 F_R 直接作用在每个螺栓上，则每个螺栓所受的剪切力为

$$F_S = \frac{F_R}{Z} \tag{8-3}$$

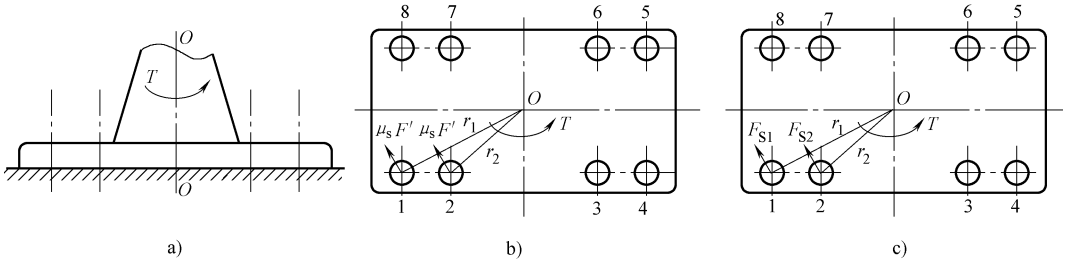


图 8-3　连接受扭矩作用

a）连接受扭转力矩 T　b）用受拉螺栓连接　c）用受剪螺栓连接

（3）螺栓组连接受扭矩 T 作用

如图 8-3a 所示，作用到一组螺栓几何形心的载荷是转矩 T，但是，对于每个螺栓而言，就相当于受横向力作用，因此与前面分析的情况相同，也分两种情况考虑：

1）设计成受拉螺栓（普通螺栓）。

如图 8-3b 所示，此时靠摩擦力，即扭矩被底板的摩擦力矩平衡，从而得出单个螺栓所受的预紧力：

$$F' \geqslant \frac{K_f \cdot T}{\mu_s \sum_{i=1}^{Z} r_i} \tag{8-4}$$

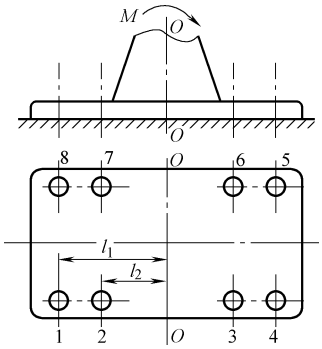


图 8-4　连接受翻到力矩作用

式中　r_i——第 i 个螺栓中心到回转中心的距离（mm）。

2）设计成受剪螺栓（铰制孔光制螺栓）。

此时靠剪切传力，如图 8-3c 所示，底板受力为转矩 T 和螺栓给螺栓孔的反力矩，列出底板的受力平衡式以及变形协调条件，可求出一组螺栓中受力最大螺栓所受的横向力为

$$F_{S\max} = \frac{T r_{\max}}{\sum_{i=1}^{Z} r_i^2} \tag{8-5}$$

式中　$r_{\max}$——受力最大的螺栓中心到回转中心的距离（mm）。

（4）螺栓组连接受翻倒力矩 M 作用

如图 8-4 所示，此时，因为翻倒力矩 M 的方向与螺栓的轴线平行，因此螺栓只能受拉而不能受剪切。同时，为了接近实际并简化计算，又进行了重新假设：被连接件为弹性体，因此翻倒轴线为 O-O 而不是底板的右侧边。列出平衡式，可以得出一组螺栓中受力最大螺栓所受的工作拉力为

$$F_{\max} = \frac{M l_{\max}}{\sum_{i=1}^{Z} l_i^2} \tag{8-6}$$

式中　$l_{\max}$——一组螺栓中受力最大的螺栓中心到翻倒轴线的垂直距离（mm）；

l_i——第 i 个螺栓中心到翻倒轴线的垂直距离（mm）。

一定注意要将外载荷移到螺栓组接缝面的几何形心后再进行计算，总结螺栓组连接的受力分析可参考图 8-5 框图计算。

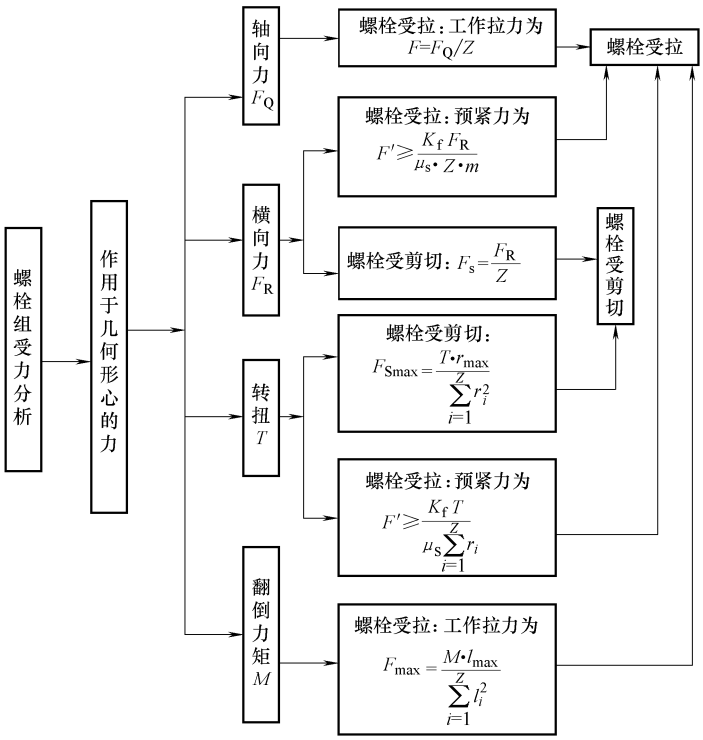


图 8-5　螺栓组连接的受力分析框图

2. 螺栓组连接的强度计算

从图 8-5 可见：无论外载荷是轴向力、横向力、扭矩还是翻倒力矩，对于螺栓的受力只有两种情况，不是受拉就是受剪，因此强度计算只分两种情况讨论：受拉螺栓和受剪螺栓。

（1）受拉螺栓

1）受拉松连接螺栓。

受拉松连接是指：螺栓不拧紧，因此螺栓不受预紧力。如图 8-6 所示的起重滑轮，当吊起重物时，螺栓相当于一个杆件受纯拉伸，因此强度条件为

$$\frac{F}{\frac{\pi}{4}d_1^2} \leqslant [\sigma] \tag{8-7}$$

设计式为

$$d_1 \geqslant \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma]}} \tag{8-8}$$

式中　d_1——螺栓的小径（mm）；

$[\sigma]$——许用拉应力（MPa），见表 8-3。

设计出的小径应按螺纹标准取值，并标出螺纹的公称直径 d（外径）。

2）受拉紧连接螺栓。

① 只受预紧力 F'的紧连接螺栓。

只受预紧力 F'的紧连接螺栓是指一组螺栓当外载荷为横向力 F_R 或扭矩 T 时，设计成受拉螺栓，靠摩擦传力的情况，如图 8-7 所示。

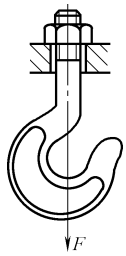


图 8-6　松连接的起重滑轮

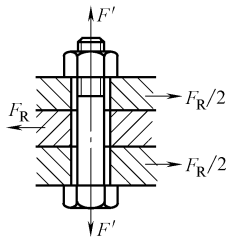


图 8-7　只受预紧力的紧螺栓连接

对螺栓螺纹部分进行受力分析，因为螺栓受预紧力 F' 作用，所以螺栓受拉；同时拧紧螺母时，螺纹副之间有摩擦阻力矩，因此螺栓还受扭，可根据第四强度理论求出合成应力：

$$\sigma_{合成} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\sigma^2 + 3(0.5\sigma)^2} \approx 1.3\sigma \leqslant [\sigma]$$

校核式：

$$\frac{1.3F'}{\frac{\pi}{4}d_1^2} \leqslant [\sigma] \tag{8-9}$$

设计式：

$$d_1 \geqslant \sqrt{\frac{1.3F'}{\frac{\pi}{4}[\sigma]}} \tag{8-10}$$

② 既受预紧力 F'、又受工作拉力 F 作用的紧连接螺栓。

既受预紧力 F'、又受工作拉力 F 作用的紧连接螺栓，是指受拉螺栓在受预紧力后，又进一步受轴向拉（压）力，或翻倒力矩作用。首先应该求出总拉力 F_0，再作强度计算。能否认为预紧力 F' 和工作拉力 F 方向相同，而总拉力 F_0 等于二者直接相加呢？不能，由于螺栓与被连接件的弹性变形，总拉力不等于预紧力 F' 加工作拉力 F，即 $F_0 \neq F' + F$。由理论分析得：总拉力 F_0 与预紧力 F'、工作拉力 F、螺栓刚度 c_1、被连接件刚度 c_2 有关，属于静不定问题，可利用静力平衡条件及变形协调条件求得（推导过程略）：

$$F_0 = F' + \frac{c_1}{c_1 + c_2}F \tag{8-11}$$

$$F_0 = F'' + F \tag{8-12}$$

$$F' = F'' + \frac{c_2}{c_1 + c_2}F \tag{8-13}$$

式中　F''——残余预紧力（N）；

F——工作拉力（N）；

$\frac{c_1}{c_1 + c_2}$——相对刚度，一般可根据垫片材料确定：金属垫或不用垫时取 0.2～0.3，皮革垫取 0.7，铜皮石棉板取 0.8，橡胶垫取 0.9。

式（8-11）表明：螺栓的总拉力等于预紧力加上工作载荷的一部分。当被连接件刚度 $c_2 \gg$ 螺栓刚度 c_1 时，$F_0 \approx F'$，当被连接件刚度 $c_2 \ll$ 螺栓刚度 c_1 时，$F_0 \approx F' + F$。

如果螺栓所受的工作拉力过大出现缝隙是不允许的，因此应使残余预紧力 $F'' > 0$。残余预紧力 F'' 的选择可以参考以下的经验数据进行选择：当外载荷 F 不变时，取 $F'' = (0.2 \sim 0.6)F$；当外载荷 F 变化时，取 $F'' = (0.6 \sim 1.0)F$；对于紧密连接的压力容器，因气密性要求，可取 $F'' = (1.5 \sim 1.8)F$。

此时螺栓的强度条件应该是：$\sigma = \dfrac{F_0}{\dfrac{\pi}{4}d_1^2}$，考虑到螺栓工作时，个别螺栓可能松动，因此需要补充拧紧，螺栓任意截面受拉同时受扭，按第四强度理论，得出此时的强度条件为：

$$\frac{1.3F_0}{\frac{\pi}{4}d_1^2} \leqslant [\sigma] \tag{8-14}$$

式（8-14）适用于螺栓承受静载的情况，许用应力见表 8-3。该式也适用于变载，但是，变载情况下需要验算应力幅，即：$\sigma_a \leqslant [\sigma_a]$：

$$\sigma_a = \frac{c_1}{c_1 + c_2}\frac{2F}{\pi d_1^2} \leqslant [\sigma_a] \tag{8-15}$$

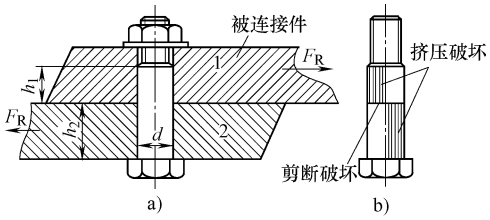


图 8-8　受剪螺栓连接

a）受剪螺栓连接　b）螺栓被挤压

从图 8-5 受力分析框图可见：无论外载荷是轴向力、横向力、扭矩还是翻倒力矩，对于螺栓的受力只有两种情况，不是受拉就是受剪，因此强度计算只分两种情况讨论：受拉螺栓和受剪螺栓。

（2）受剪螺栓连接

受剪螺栓连接采用的螺栓是铰制孔光制螺栓，如图 8-8 所示。工作载荷为横向载荷，螺栓可能的失效形式为：螺栓杆或螺栓孔壁被压溃以及螺栓被剪断。拧紧时的预紧力和摩擦力等忽略，因此强度条件为：

抗压强度：
$$\frac{F_S}{d \cdot h} \leqslant [\sigma]_P \tag{8-16}$$

抗剪强度：
$$\frac{F_S}{\frac{\pi}{4}d^2 m} \leqslant [\tau] \tag{8-17}$$

式中　F_S——每个螺栓受的剪切力（N）；

d——螺栓抗剪面的直径（mm）；

h——计算对象的受压高度（mm）；

$[\sigma]_P$——计算对象的许用挤压应力（MPa），表 8-4；

m——剪切面数；

$[\tau]$——螺栓的许用切应力（MPa），表 8-4。

表 8-3　受拉螺栓连接的许用应力　（MPa）

连接	载荷	许用应力				
松连接		$[\sigma] = \dfrac{R_{eL}}{1.2 \sim 1.6}$				
紧连接	静载荷	$[\sigma] = \dfrac{R_{eL}}{S}$ 安全系数 S 取值如下				
		材料	不控制预紧力			控制预紧力
			M6 ~ M16	M16 ~ M30	M30 ~ M60	1.2 ~ 1.5
		碳素钢 合金钢	5 ~ 4 5.7 ~ 5	4 ~ 2.5 5 ~ 3.4	2.5 ~ 2 3.4 ~ 3	

（续）

<table>
<tr><th>连接</th><th>载荷</th><th colspan="12">许用应力</th></tr>
<tr><td rowspan="13">紧连接</td><td rowspan="13">变载荷</td><td rowspan="3">按最大应力
$[\sigma]=\frac{R_{eL}}{S}$</td><td colspan="3">不控制预紧力时的 S</td><td colspan="8">控制预紧力时的 S</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">M6 ~ M16</td><td colspan="2">M16 ~ M30</td><td colspan="8" rowspan="2">1.2 ~ 1.5</td></tr>
<tr><td>碳素钢
合金钢</td><td colspan="2">12.5 ~ 8.5
10 ~ 6.8</td><td colspan="2">8.5
6.8</td></tr>
<tr><td colspan="12">按循环应力幅　$[\sigma_a]=\frac{\sigma_{alim}}{[S_a]}=\frac{\varepsilon k_m k_u}{k_\sigma}\sigma_{-1}$
ε—尺寸系数，按下表取值</td></tr>
<tr><td>d/mm</td><td>12</td><td>16</td><td>20</td><td>24</td><td>28</td><td>32</td><td>36</td><td>42</td><td>48</td><td>56</td><td>64</td></tr>
<tr><td>ε</td><td>1</td><td>0.87</td><td>0.81</td><td>0.76</td><td>0.71</td><td>0.68</td><td>0.65</td><td>0.62</td><td>0.60</td><td>0.57</td><td>0.54</td></tr>
<tr><td colspan="12">k_m—螺纹制造工艺系数：车制 $k_m=1$；辗制 $k_m=1.25$
k_u—各圈螺纹牙受力分配不均系数：受压螺母 $k_u=1$；部分受拉或全部受拉的螺母 $k_u=1.5\sim1.6$
$[S_a]$—安全系数，取 2.5 ~ 4
k_σ—螺纹应力集中系数，按下表取值</td></tr>
<tr><td colspan="2">螺栓材料 R_m/MPa</td><td colspan="3">400</td><td colspan="3">600</td><td colspan="3">800</td><td colspan="3">1000</td></tr>
<tr><td colspan="2">k_σ</td><td colspan="3">3.0</td><td colspan="3">3.9</td><td colspan="3">4.8</td><td colspan="3">5.2</td></tr>
</table>

表 8-4　受剪螺栓连接的许用应力　（MPa）

静载荷	许用切应力　$[\tau]=\frac{R_{eL}}{2.5}$ 许用挤压应力　钢：$[\sigma]_P=\frac{R_{eL}}{[S_P]}=\frac{R_{eL}}{1\sim1.25}$　　铸铁：$[\sigma]_P=\frac{R_m}{[S_P]}=\frac{R_m}{2\sim2.5}$
变载荷	许用切应力　$[\tau]=\frac{R_{eL}}{3\sim3.5}$ 许用挤压应力　钢：$[\sigma]_P=\frac{R_{eL}}{[S_P]}=\frac{R_{eL}}{1.6\sim2}$　　铸铁：$[\sigma]_P=\frac{R_m}{[S_P]}=\frac{R_m}{2.5\sim3.5}$

螺栓的强度计算总结如图 8-9 所示：

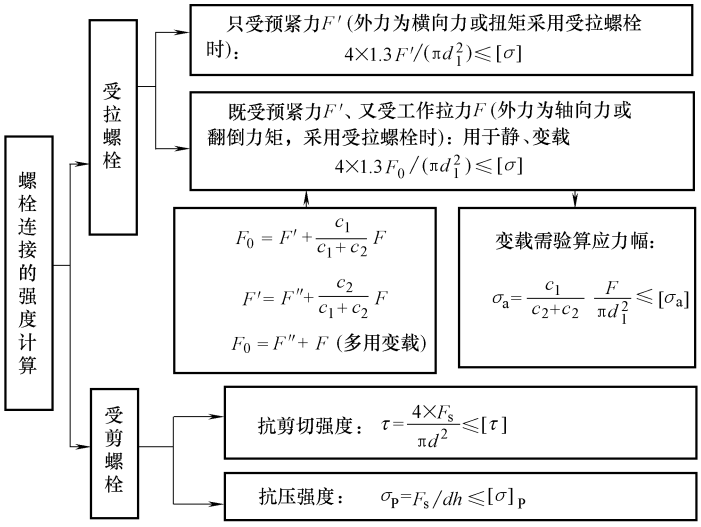


图 8-9　螺栓连接强度计算框图

螺栓组连接的受力分析及强度计算公式见表 8-5。

3. 螺栓组连接的拧紧和防松

（1）螺纹连接的拧紧

1）拧紧的目的及预紧力 F'。螺纹连接一般情况下需要拧紧，拧紧的目的：防止螺纹副之间的松动，提高连接的刚性及紧密性。对于受拉螺栓连接，可以提高疲劳强度；对于受剪螺栓连接，可以提高接触面之间的摩擦力，从而提高承载力。

工人施加到螺母上的转矩拧紧螺母时，实质是螺栓受到一个轴向拉力，被连接件受到一个夹紧力。螺栓在承受工作载荷之前，即在安装时就受到一个由于拧紧螺母而产生的拉力，此力称“预紧力 F'”。

2）拧紧力矩 T_t 的计算。计算拧紧力矩的目的就是要求出拧紧力矩与预紧力 F' 之间的量化关系，即求 $T_t \sim F'$ 之关系。如何进行计算呢？首先必须分析工人施加到扳手上的力矩克服了哪些阻力矩。工人施加到扳手上的力为 F，扳手长为 L，则工人施加的力矩为 $F \cdot L$，此力矩需克服螺纹副之间的摩擦阻力矩，或称螺纹力矩 T_1，同时还要克服螺母支撑面的摩擦力矩 T_2，经推导（见参考文献［1］）得出拧紧力矩的近似公式为

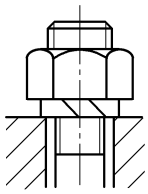
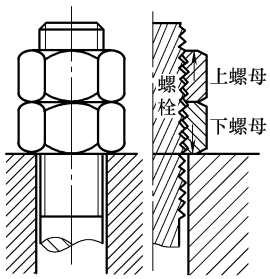
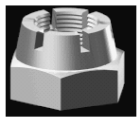
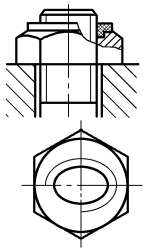
$$T_t \approx 0.2F'd \tag{8-18}$$

（2）螺纹连接的防松

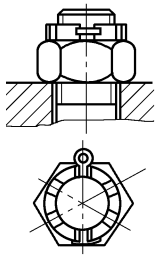
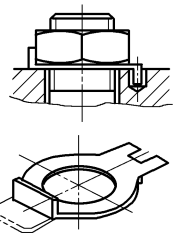
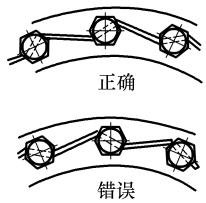
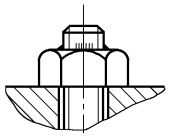
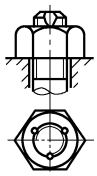
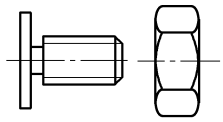
工程上若连接受静载荷且温度变化不大，连接一般不会松动。但是在实际工作中，如承受振动或冲击载荷，或者温度变化较大使材料高温蠕变等原因，都会造成摩擦力减小，使螺纹副中正压力在某一瞬间消失、摩擦力为零，从而使螺纹连接松动，使螺母松脱而失效。因此在设计时必须进行防松设计，否则会影响正常工作造成事故。防松原理用一句话概括就是：消除（或限制）螺纹副之间的相对运动，或增大螺纹副相对运动的难度。

按防松原理分，可分为摩擦防松、机械防松（也称直接锁住）及破坏螺纹副之间关系三种方法。摩擦防松常用的有弹簧垫圈、对顶螺母、自锁螺母等，简单方便，但不可靠。机械防松常用的有开口销、止动垫及串联钢丝绳等，比摩擦防松可靠。以上两种方法用于可拆连接的防松，在工程中广泛应用。不可拆连接的防松，工程上可用焊、粘、铆的方法，破坏了螺纹副之间的运动关系。常用的防松方法结构及应用见表 8-6。

表 8-6　常用防松方法举例

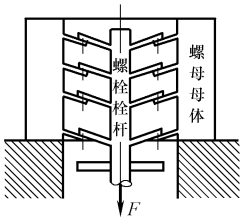
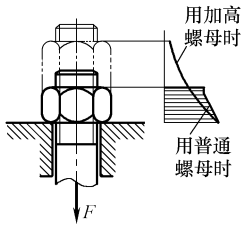
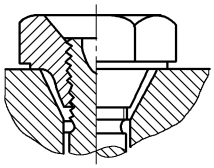
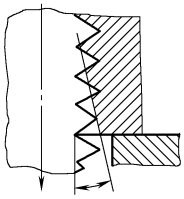
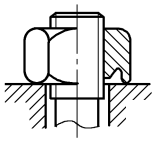
防松方法	防松原理、特点	防松实例		
摩擦防松	使螺纹副中产生不随外载荷变化的纵向或横向的压紧力，因此始终有摩擦力矩防止螺纹副相对转动。压力可由螺纹副纵向或横向压紧而产生 结构简单，使用方便，但由于摩擦力受到限制，因此在冲击、振动时防松效果受到影响，常用于一般不重要的连接	  弹簧垫圈 利用拧紧螺母时，垫圈被压平后的弹性力使螺纹副纵向压紧	 对顶螺母 上螺母拧紧后两螺母对顶面上产生对顶力，使旋合部分的螺杆受拉而螺母受压从而使螺纹副纵向压紧	  自锁螺母 镶嵌弹性环或尼龙圈挤入螺纹中椭圆口螺母

（续）

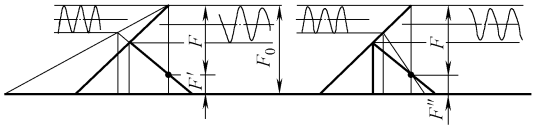
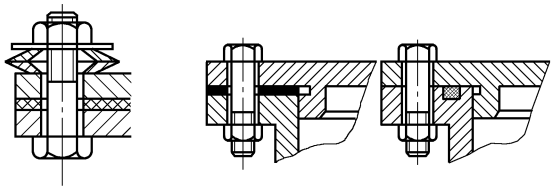
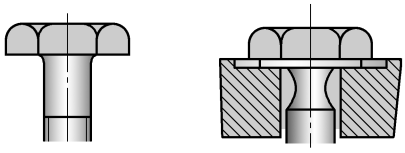
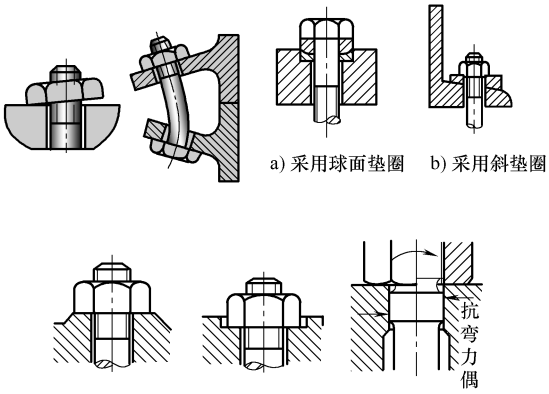
防松方法	防松原理、特点	防松实例
机械防松	利用便于更换的金属元件，靠元件的形状和结构约束螺旋副间的相对转动 使用方便，防松安全可靠	 开口销与槽形螺母 槽形螺母拧紧后用开口销插入螺母槽与螺栓尾部的小孔中，并将销尾部掰开，阻止螺母与螺杆的相对运动  止动垫片 将垫片折边约束螺母，而自身又折边被约束在被连接件上，使螺母不能转动  串联钢丝绳 利用钢丝使一组螺栓头部互相制约，当有松动趋势时，金属丝更加拉紧
破坏螺纹副防松	将螺纹副转换为非运动副，从而排除螺纹副之间相对运动的可能性，但是属于不可拆连接	 焊住  冲点  胶接 螺纹副间涂粘结剂，拧紧螺母后粘结剂能自动固化，防松效果好

4. 提高螺栓连接强度的措施（见表 8-7）

表 8-7　提高螺栓连接强度的措施方法举例

方法	图　例	备　注
改善螺纹牙间载荷分布不均状况	 a) 螺纹牙的受力和变形  b) 螺纹牙的受力分配  c) 悬置螺母  d) 内斜螺母  e) 环槽螺母	制造时螺栓与螺母的螺距相等，受载后螺栓受拉螺距增大，螺母受压螺距减小。紧靠支承面处第一圈螺纹变形为最大，因而受力也最大，如图 a 及图 b 1）悬置螺母：如图 c，减小了螺母的刚度，使螺母的螺纹牙和螺杆的螺纹牙均受拉，与螺栓变形协调，使载荷分布均匀，可提高螺栓疲劳强度 40% 左右 2）内斜螺母：如图 d 所示，减小螺母受力大的螺纹牙的刚度，把力分移到受力小的螺纹牙上，载荷上移、接触圈减少，可提高螺栓疲劳强度 20% 左右 3）环槽螺母：如图 e 所示，减小了螺母下部的刚度，可提高螺栓疲劳强度 30% 左右

（续）

方法	图　例	备　注
减小应力幅 σ_a	 a) 减小螺栓的刚度　b) 增大被连接件的刚度  c) 螺母下放弹性垫　d) 采用高硬度垫片	如图 a 及图 b 所示：总拉力 F_0 一定时，减小螺栓刚度 c_1 或增大被连接件刚度 c_2，都能达到降低应力幅的作用。工程上可采用细长杆的螺栓、柔性螺栓（即部分减小螺杆直径或中空螺栓）、在螺母下边放弹性元件（如图 c 所示）等措施，均可起到柔性螺栓的效果，可达到减小螺栓刚度 c_1 的目的 增大被连接件刚度 c_2 可采用高硬度垫片，如图 d 所示
减小应力集中	 a) 加大过渡处圆角　b) 切制卸载槽	螺纹牙根、螺栓头部与螺栓杆交接处等均可产生应力集中，尤其螺纹牙根的应力集中对螺栓疲劳强度影响最大。采取增大螺纹牙根圆角半径和加大过渡处圆角的措施（如图 a），或切制卸载槽（如图 b）等措施可提高螺栓的疲劳强度。MJ 螺纹就是采用增大牙根圆角半径的方法减小应力集中
减小附加应力	 a) 采用球面垫圈　b) 采用斜垫圈 c) 采用凸台　d) 采用沉头座　e) 采用环腰	螺栓的轴线与被连接件表面不垂直会产生附加弯矩减少螺栓的寿命，因此设计时必须保证螺栓的轴线与被连接件表面垂直。例如铸造表面不可以直接安装螺栓，必须加工平整，常用的方法是在铸造表面有螺栓连接的地方采用凸台或沉孔，如图 c、d 所示。同时，还可以采用图 a、b、e 等其他的一些方法使螺杆减小附加弯曲应力

8.1.2　设计标准及规范

8.1.2.1　螺纹零件的结构要素

1. 外螺纹末端

紧固件公称长度以内的末端，如图 8-10 所示，符合表 8-8 的规定。

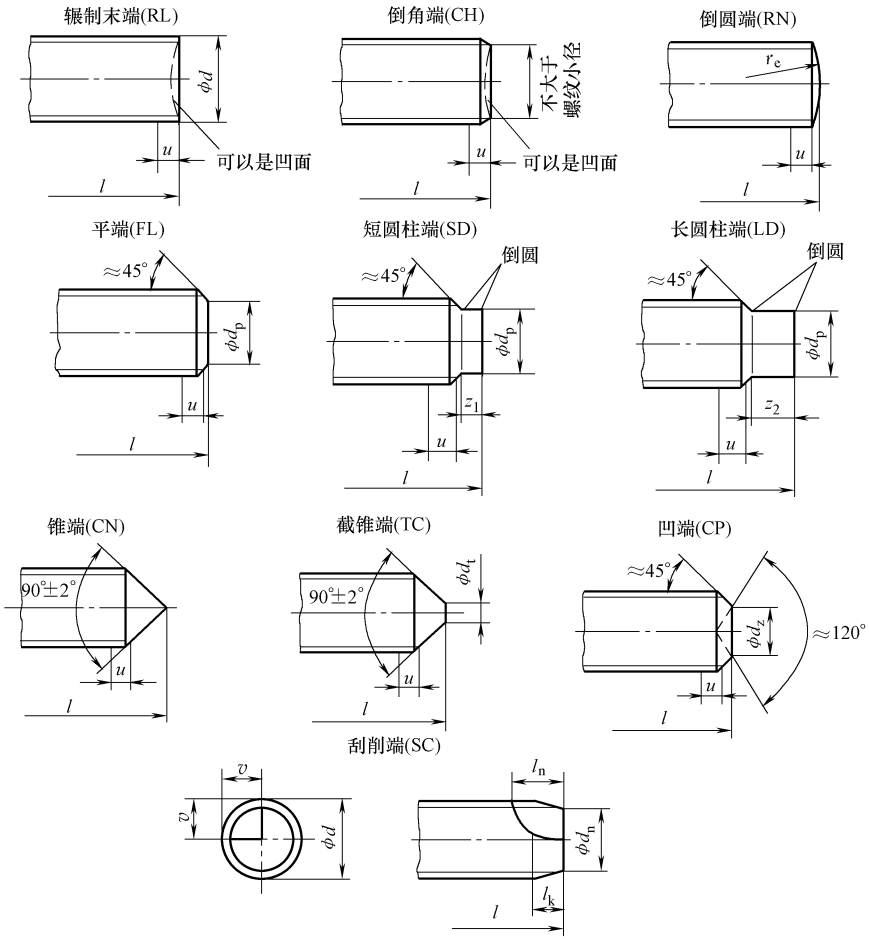


图 8-10　公称长度以内的末端形式

$r_e \approx 1.4d$；$v = 0.5d \pm 0.5\text{mm}$；$d_n = d - 1.6P$；$l_n \leqslant 5P$；$l_k \leqslant 3P$；$l_n - l_k \geqslant 2P$；$P$—螺距

注：1. l 为紧固件的公称长度；

2. 不完整螺纹的长度 $u \leqslant 2P$；

3. 对 FL、SD、LD 和 CP 型末端，45°仅指螺纹小径以下的末端部分。

4. 对短螺钉其端部为 120° ±2°，并按产品标准的规定，如 GB/T 78。

表 8-8　公称长度以内的末端形式尺寸　　(mm)

螺纹直径 d①	d_p h14②	d_t③ h16	d_z h14	z_1 $^{+IT④14}_{0}$	z_2 $^{+IT④14}_{0}$
1.6	0.8	—	0.8	0.4	0.8
1.8	0.9	—	0.9	0.45	0.9
2	1	—	1	0.5	1
2.2	1.2	—	1.1	0.55	1.1
2.5	1.5	—	1.2	0.63	1.25
3	2	—	1.4	0.75	1.5
3.5	2.2	—	1.7	0.88	1.75
4	2.5	—	2	1	2
4.5	3	—	2.2	1.12	2.25

（续）

螺纹直径 d①	d_p h14②	d_t③ h16	d_z h14	z_1 $+IT^{④}14$ 0	z_2 $+IT^{④}14$ 0
5	3.5	—	2.5	1.25	2.5
6	4	1.5	3	1.5	3
7	5	2	4	1.75	3.5
8	5.5	2	5	2	4
10	7	2.5	6	2.5	5
12	8.5	3	8	3	6
14	10	4	8.5	3.5	7
16	12	4	10	4	8
18	13	5	11	4.5	9
20	15	5	14	5	10
22	17	6	15	5.5	11
24	18	6	16	6	12
27	21	8	—	6.7	13.5
30	23	8	—	7.5	15
33	26	10	—	8.2	16.5
36	28	10	—	9	18
39	30	12	—	9.7	19.5
42	32	12	—	10.5	21
45	35	14	—	11.2	22.5
48	38	14	—	12	24
52	42	16	—	13	26

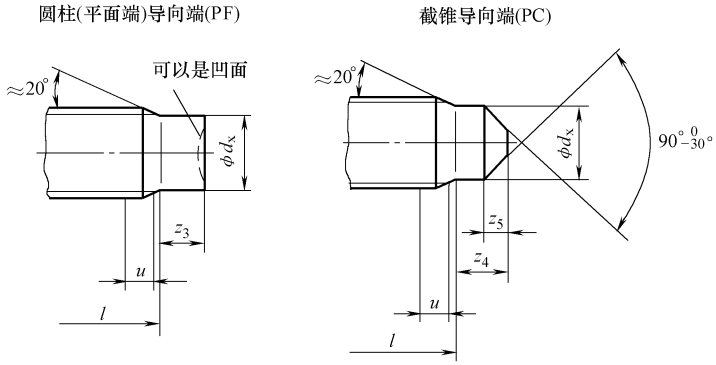
① 对 $d<M1.6$ 的规格，末端的尺寸和公差应经协议。

② 公称尺寸≤1mm 时，公差按 h13。

③ 对 $d\leqslant M5$ 的规格，截面锥端上没有平面（d_t）部分，其端部可以倒圆。

④ 公称尺寸≤1mm 时，公差按 $^{+IT13}_{0}$。

紧固件公称长度以外的末端（如图 8-11 所示），应按表 8-8 和表 8-9 或表 8-10 的规定。



注：1. 不完整螺纹的长度 $u\leqslant 2P$，P—螺距。

2. 20°仅指螺纹小径以下的末端部分。

图 8-11　公称长度以外的末端形式及尺寸

表 8-9　粗牙螺纹用圆柱导向端（PF）尺寸　　（mm）

螺纹规格		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24
d_x①	max	2.9	3.8	4.5	6.1	7.8	9.4	11.1	13.1	16.3	19.6
	min	2.7	3.6	4.3	5.9	7.6	9.1	10.8	12.8	15.9	19.2
z_3	$^{+IT17}_{0}$	2	2.5	3	4	5	6	7	8	10	12

① 在特殊情况下，如有不同要求，其直径尺寸必须单独协商。

表 8-10　螺纹用截锥导向端（PC）尺寸　（mm）

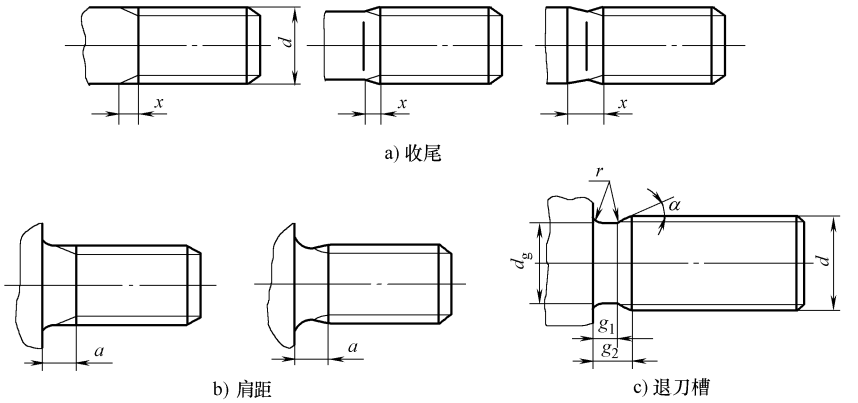
粗　牙											
螺纹规格		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24
d_x①	max	2.9	3.8	4.5	6.1	7.8	9.4	11.1	13.1	16.3	19.6
	min	2.7	3.6	4.3	5.9	7.6	9.1	10.8	12.8	15.9	19.2
z_4	$^{+IT17}_{0}$	2	2.5	3	4	5	6	7	8	10	12
z_5	max	1.0	1.50	2	2.5	3.0	3.5	4	4.5	5	6
	min	0.5	0.75	1	1.5	1.5	2.0	2	2.5	3	4

细　牙						
螺纹规格		M8×1	M10×1	M12×1.5	M14×1.5	M16×1.5
d_x	max	6.3	8.0	9.6	11.40	13.50
	min	6.08	7.78	9.38	11.13	13.23
z_4	$^{+IT17}_{0}$	4	5	6	7	8
z_5	max	2.5	3	3.5	4	4.5
	min	1.5	1.5	2	2	2.5

① 在特殊情况下，如有不同要求，其直径尺寸必须单独协商。

2. 螺纹收尾、间距、退刀槽和倒角（见表 8-11、表 8-12）

表 8-11　外螺纹收尾、间距、退刀槽和倒角尺寸（摘自（GB/T 3—1997）　（mm）



螺距 P	收尾 x　max		肩距 a　max			退刀槽			
	一般	短的	一般	长的	短的	g_1　min	g_2　max	d_g	$r\approx$
0.25	0.6	0.3	0.75	1	0.5	0.4	0.75	$d-0.4$	0.12
0.3	0.75	0.4	0.9	1.2	0.6	0.5	0.9	$d-0.5$	0.16
0.35	0.9	0.45	1.05	1.4	0.7	0.6	1.05	$d-0.6$	0.16
0.4	1	0.5	1.2	1.6	0.8	0.6	1.2	$d-0.7$	0.2
0.45	1.1	0.6	1.35	1.8	0.9	0.7	1.35	$d-0.7$	0.2
0.5	1.25	0.7	1.5	2	1	0.8	1.5	$d-0.8$	0.2
0.6	1.5	0.75	1.8	2.4	1.2	0.9	1.8	$d-1$	0.4
0.7	1.75	0.9	2.1	2.8	1.4	1.1	2.1	$d-1.1$	0.4
0.75	1.9	1	2.25	3	1.5	1.2	2.25	$d-1.2$	0.4
0.8	2	1	2.4	3.2	1.6	1.3	2.4	$d-1.3$	0.4
1	2.5	1.25	3	4	2	1.6	3	$d-1.6$	0.6
1.25	3.2	1.6	4	5	2.5	2	3.75	$d-2$	0.6
1.5	3.8	1.9	4.5	6	3	2.5	4.5	$d-2.3$	0.8
1.75	4.3	2.2	5.3	7	3.5	3	5.25	$d-2.6$	1
2	5	2.5	6	8	4	3.4	6	$d-3$	1

（续）

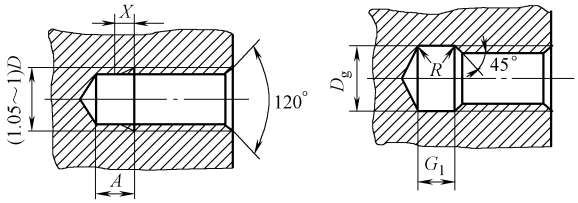
螺距 P	收尾 x max		肩距 a max			退刀槽			
	一般	短的	一般	长的	短的	g_1 min	g_2 max	d_g	$r\approx$
2.5	6.3	3.2	7.5	10	5	4.4	7.5	$d-3.6$	1.2
3	7.5	3.8	9	12	6	5.2	9	$d-4.4$	1.6
3.5	9	4.5	10.5	14	7	6.2	10.5	$d-5$	1.6
4	10	5	12	16	8	7	12	$d-5.7$	2
4.5	11	5.5	13.5	18	9	8	13.5	$d-6.4$	2.5
5	12.5	6.3	15	20	10	9	15	$d-7$	2.5
5.5	14	7	16.5	22	11	11	17.5	$d-7.7$	3.2
6	15	7.5	18	24	12	11	18	$d-8.3$	3.2
参考值	$\approx 2.5P$	$\approx 1.25P$	$\approx 3P$	$=4P$	$=2P$	—	$\approx 3P$	—	—

注：1. 应优先选用“一般”长度的收尾和肩距；“短”收尾和“短”肩距仅用于结构受限制的螺纹件上；产品等级为 B 或 C 级的螺纹　紧固件可采用“长”肩距。

2. d 为螺纹公称直径（大径）代号。

3. d_3 公差为：h13（$d>3$mm）、h12（$d\leqslant 3$mm）。

表 8-12　内螺纹收尾、间距、退刀槽和导角　（mm）



螺距 P	收尾 X max		肩距 A		G_1		D_g	R
	一般	短的	一般	长的	一般	短的		$\approx$
0.2	0.8	0.4	1.2	1.6	—	—	—	—
0.25	1	0.5	1.5	2				
0.3	1.2	0.6	1.8	2.4				
0.35	1.4	0.7	2.2	2.8				
0.4	1.6	0.8	2.5	3.2				
0.45	1.8	0.9	2.8	3.6				
0.5	2	1	3	4	2	1	$D+0.3$	0.2
0.6	2.4	1.2	3.2	4.8	2.4	1.2		0.3
0.7	2.8	1.1	3.5	5.6	2.8	1.4		0.4
0.75	3	1.5	3.8	6	3	1.5		0.4
0.8	3.2	1.6	4	6.4	3.2	1.6		0.4
1	4	2	5	8	4	2	$D+0.5$	0.5
1.25	5	2.5	6	10	5	2.5		0.6
1.5	6	3	7	12	6	3		0.8
1.75	7	3.5	9	14	7	3.5		0.9
2	8	4	10	16	8	4		1
2.5	10	5	12	18	10	5		1.2
3	12	6	14	22	12	6		1.5
3.5	14	7	16	24	14	7		1.8
4	16	8	18	26	16	8		2
4.5	18	9	21	29	18	9		2.2
5	20	10	23	32	20	10		2.5
5.5	22	11	25	35	22	11		2.8
6	24	12	28	38	24	12		3
参考值	$=4P$	$=2P$	$\approx 6\sim 5P$	$\approx 8\sim 6.5P$	$=4P$	$=2P$	—	$\approx 0.5P$

注：1. 应优先选用“一般”长度的收尾和肩距；容屑需要较大空间时可选用“长”肩距，结构限制时可选用“短”收尾。

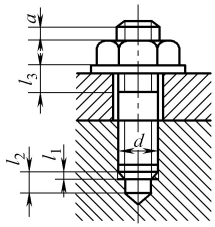
2. “短”退刀槽仅在结构受限制时采用。

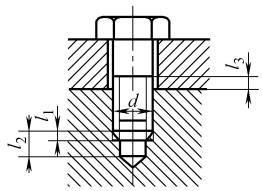
3. D_g 公差为 H13。

4. D 为螺纹公称直径代号。

3. 普通内、外螺纹余留段长度、钻孔余留深度（见表 8-13）

表 8-13　普通内、外螺纹余留段长度、钻孔余留深度（JB/ZQ 4247—2006）　　（mm）

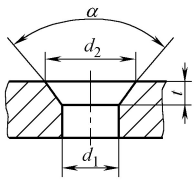
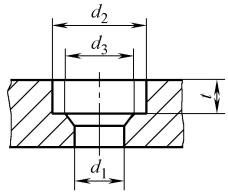
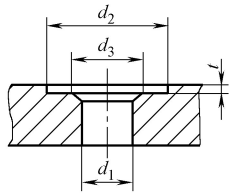




螺距	螺纹直径		余留长度			末端长度
	粗牙	细牙	内螺纹	钻孔	外螺纹	
P	d		l_1	l_2	l_3	a
0.5	3	5	1	4	2	1～2
0.7	4		1.5	5	2.5	2～3
0.75		6		6		
0.8	5					
1	6	8,10,14,16,18	2	7	3.5	2.5～4
1.25	8	12	2.5	9	4	
1.5	10	14,16,18,20,22,24,27,30,33	3	10	4.5	3.5～5
1.75	12		3.5	13	5.5	
2	14,16	24,27,30,33,36,39,45,48,52	4	14	6	4.5～6.5
2.5	18,20,22		5	17	7	
3	24,27	36,39,42,45,48,56,60,64,72,76	6	20	8	5.5～8
3.5	30		7	23	10	
4	36	56,60,64,68,72,76	8	26	11	7～11
4.5	42		9	30	12	
5	48		10	33	13	10～15
5.5	56		11	36	16	
6	64,72,76		12	40	18	

4. 紧固件通孔及螺栓、螺钉通孔和沉孔尺寸（见表 8-14）

表 8-14　紧固件通孔及螺栓、螺钉通孔和沉孔尺寸　　（mm）

	 沉头用沉孔（GB 152.2—1988）			 圆柱头用沉孔（GB 152.3—1988）				 六角头螺栓和六角头螺母用沉孔（GB 152.4—1988）			
d	d_2	$t\approx$	d_1	d_2	t	d_3	d_1	d_2	d_3	d_1	t
M3	6.4	1.6	3.4	6.0	3.4	—	3.4	9	—	3.4	只要能制出与通孔轴线垂直的圆平面即可
M4	9.6	2.7	4.5	8.0	4.6		4.5	10		4.5	
M5	10.6	2.7	5.5	10.0	5.7		5.5	11		5.5	
M6	12.8	3.3	6.6	11.0	6.8		6.6	13		6.6	
M8	17.6	4.6	9	15.0	9.0		9.0	18		9.0	
M10	20.3	5.0	11	18.0	11.0		11.0	22		11.0	

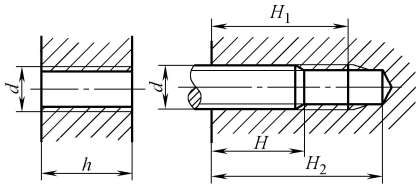
（续）

d	d_2	$t\approx$	d_1	d_2	t	d_3	d_1	d_2	d_3	d_1	t
M12	24.4	6.0	13.5	20.0	13.0	16	13.5	26	16	13.5	只要能制出与通孔轴线垂直的圆平面即可
M14	28.4	7.0	15.5	24.0	15.0	18	15.5	30	18	13.5	
M16	32.4	8.0	17.5	26.0	17.5	20	17.5	33	20	17.5	
M18	—	—	—	—	—	—	—	36	22	20.0	
M20	40.4	10.0	22	33.0	21.5	24	22.0	40	24	22.0	
M22	—	—	—	—	—	—	—	43	26	24	
M24				40.0	25.5	28	26.0	48	28	26	
M27				—	—	—	—	53	33	30	
M30				48.0	32.0	36	33.0	61	36	33	
M36				57.0	38.0	42	39.0	71	42	39	

5. 粗牙螺纹、螺钉的拧入深度、攻螺纹深度和钻孔深度（见表 8-15）

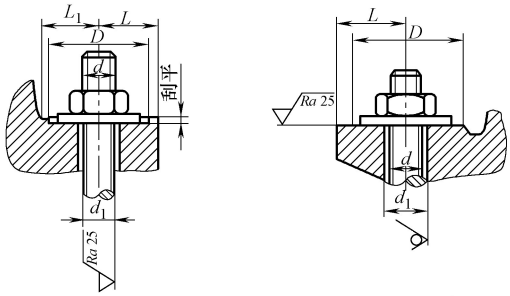
6. 地脚螺栓孔和凸缘尺寸（见表 8-16）

表 8-15　粗牙螺纹、螺钉的拧入深度、攻螺纹深度和钻孔深度（参考）　　（mm）



公称直径 d	钢和青铜				铸铁				铝			
	通孔拧入深度 h	不通孔拧入深度 H	攻螺纹深度 H_1	钻孔深度 H_2	通孔拧入深度 h	不通孔拧入深度 H	攻螺纹深度 H_1	钻孔深度 H_2	通孔拧入深度 h	不通孔拧入深度 H	攻螺纹深度 H_1	钻孔深度 H_2
3	4	3	4	7	6	5	6	9	8	6	7	10
4	5.5	4	5.5	9	8	6	7.5	11	10	8	10	14
5	7	5	7	11	10	8	10	14	12	10	12	16
6	8	6	8	13	12	10	12	17	15	12	15	20
8	10	8	10	16	15	12	14	20	20	16	18	24
10	12	10	13	20	18	15	18	25	24	20	23	30
12	15	12	15	24	22	18	21	30	28	24	27	36
16	20	16	20	30	28	24	28	38	36	32	36	46
20	25	20	24	36	35	30	35	47	45	40	45	57
24	30	24	30	44	42	35	42	55	55	48	54	68
30	36	30	36	52	50	45	52	68	70	60	67	84
36	45	36	44	62	65	55	64	82	80	72	80	98
42	50	42	50	72	75	65	74	95	95	85	94	115
48	60	48	58	82	85	75	85	108	105	95	105	128

表 8-16　地脚螺栓孔和凸缘尺寸（参考）　　（mm）



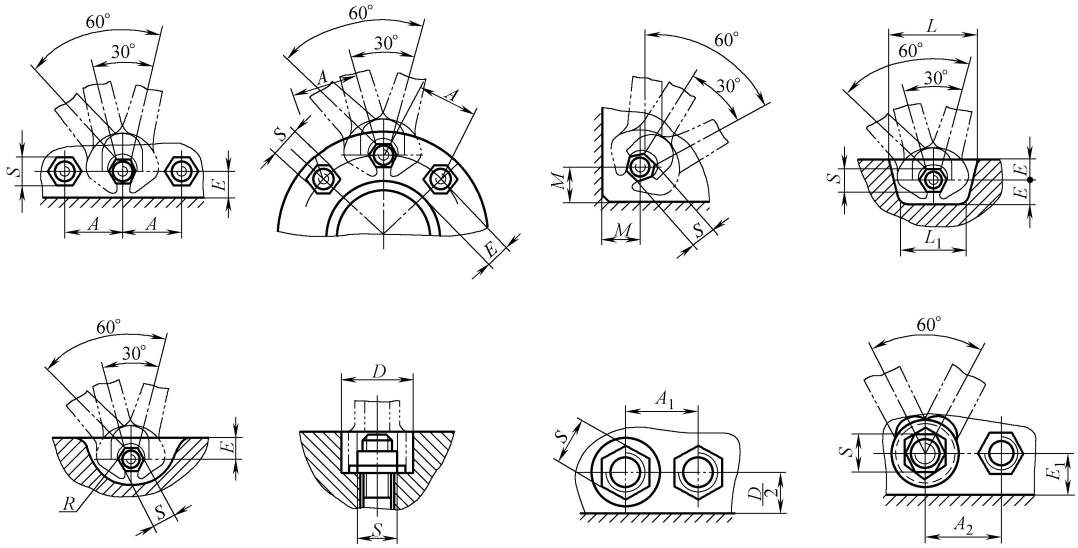
≤M48采用钻孔　　≥M56采用铸孔

d	16	20	24	30	36	42	48	56	64	76	90	100	115	130
d_1	20	25	30	40	50	55	65	80	95	110	135	145	165	185
D	45	48	60	85	100	110	130	170	200	220	280	280	330	370
L	25	30	35	50	55	60	70	95	110	120	150	150	175	200
L_1	27	32	38	52	55	65	75							

注：根据结构和工艺的要求，必要时尺寸 L、L_1 可以变动。

7. 扳手空间（见表 8-17）

表 8-17　扳手空间（JB/ZQ 4005—2006）　　（mm）



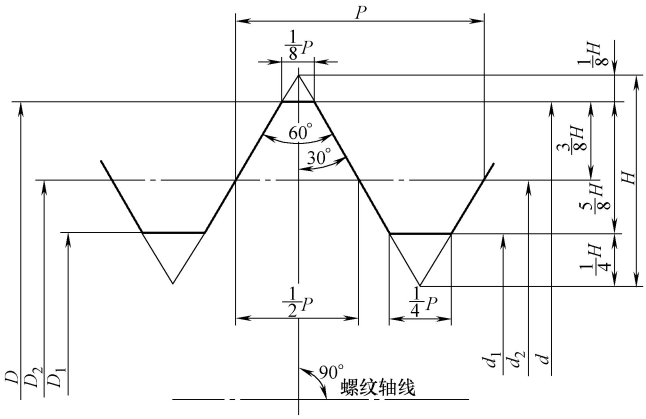
d	S	A	A_1	A_2	E	E_1	M	L	L_1	R	D
3	5.5	18	12	12	5	7	11	30	24	15	14
4	7	20	16	14	6	7	12	34	28	16	16
5	8	22	16	15	7	10	13	36	30	18	20
6	10	26	18	18	8	12	15	46	38	20	24
8	13	32	24	22	11	14	18	55	44	25	28
10	16	38	28	26	13	16	22	62	50	30	30
12	18	42	—	30	14	18	24	70	55	32	—
14	21	48	36	34	15	20	26	80	65	36	40

（续）

d	S	A	A_1	A_2	E	E_1	M	L	L_1	R	D
16	24	55	38	38	16	24	30	85	70	42	45
18	27	62	45	42	19	25	32	95	75	46	52
20	30	68	48	46	20	28	35	105	85	50	56
22	34	76	55	52	24	32	40	120	95	58	60
24	36	80	58	55	24	34	42	125	100	60	70
27	41	90	65	62	26	36	46	135	110	65	76
30	46	100	72	70	30	40	50	155	125	75	82
33	50	108	76	75	32	44	55	165	130	80	88
36	55	118	85	82	36	48	60	180	145	88	95
39	60	125	90	88	38	52	65	190	155	92	100
42	65	135	96	96	42	55	70	205	165	100	106
45	70	145	105	102	45	60	75	220	175	105	112
48	75	160	115	112	48	65	80	235	185	115	126
52	80	170	120	120	48	70	84	245	195	125	132
56	85	180	126	—	52	—	90	260	205	130	138
60	90	185	134	—	58	—	95	275	215	135	145
64	95	195	140	—	58	—	100	285	225	140	152
68	100	205	145	—	65	—	105	300	235	150	158
72	105	215	155	—	68	—	110	320	250	160	168
76	110	225	—	—	70	—	115	335	265	165	—
80	115	235	165	—	72	—	120	345	275	170	178
85	120	245	175	—	75	—	125	360	285	180	188
90	130	260	190	—	80	—	135	390	310	190	208
95	135	270	—	—	85	—	140	405	320	200	—
100	145	290	215	—	95	—	150	435	340	215	238
105	150	300	—	—	98	—	155	450	350	220	—
110	155	310	—	—	100	—	160	460	360	225	—
115	165	330	—	—	108	—	170	495	385	245	—
120	170	340	—	—	108	—	175	505	400	250	—
125	180	360	—	—	115	—	185	535	420	270	—
130	185	370	—	—	115	—	190	545	430	275	—
140	200	385	—	—	120	—	205	585	465	295	—
150	210	420	310	—	130	—	215	625	495	310	350
170	(240)	475	345	—	150	—	245	705	555	350	380

8. 普通螺纹基本牙型（见表 8-18）

表 8-18　普通螺纹基本牙型（摘自 GB/T 192—2003）　　（mm）



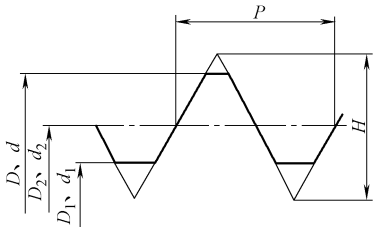
D——内螺纹的基本大径(公称直径)；
d——外螺纹的基本大径(公称直径)；
D_2——内螺纹的基本中径；
d_2——外螺纹的基本中径；
D_1——内螺纹的基本小径；
d_1——外螺纹的基本小径；
H——原始三角形高度；
P——螺距

（续）

螺距 P	H	$\frac{5}{8}H$	$\frac{3}{8}H$	$\frac{1}{4}H$	$\frac{1}{8}H$
0.2	0.173205	0.108253	0.064952	0.043301	0.021651
0.25	0.216506	0.135316	0.081190	0.054127	0.027063
0.3	0.259808	0.162380	0.097428	0.064952	0.032476
0.35	0.303109	0.189443	0.113666	0.075777	0.037889
0.4	0.346410	0.216506	0.129904	0.086603	0.043301
0.45	0.389711	0.243570	0.146142	0.097428	0.048714
0.5	0.433013	0.270633	0.162380	0.108253	0.054127
0.6	0.519615	0.324760	0.194856	0.129904	0.064952
0.7	0.606218	0.378886	0.227332	0.151554	0.075777
0.75	0.649519	0.405949	0.243570	0.162380	0.081190
0.8	0.692820	0.433013	0.259808	0.173205	0.086603
1	0.866025	0.541266	0.324760	0.216506	0.108253
1.25	1.082532	0.676582	0.405949	0.270633	0.135316
1.5	1.299038	0.811899	0.487139	0.324760	0.162380
1.75	1.515544	0.947215	0.568329	0.378886	0.189443
2	1.732051	1.082532	0.649519	0.433013	0.216506
2.5	2.165063	1.353165	0.811899	0.541266	0.270633
3	2.598076	1.623798	0.974279	0.649519	0.324760
3.5	3.031089	1.894431	1.136658	0.757772	0.378886
4	3.464102	2.165063	1.299038	0.866025	0.433013
4.5	3.897114	2.435696	1.461418	0.974279	0.487139
5	4.330127	2.706329	1.623798	1.082532	0.541266
5.5	4.763140	2.976962	1.786177	1.190785	0.595392
6	5.196152	3.247595	1.948557	1.299038	0.649519
8	6.928203	4.330127	2.598076	1.732051	0.866025

9. 普通螺纹基本尺寸（见表 8-19）

表 8-19　普通螺纹基本尺寸（GB/T 196—2003）　（mm）



$D_2 = D - 2 \times \frac{3}{8}H = D - 0.6495P$；

$d_2 = d - 2 \times \frac{3}{8}H = d - 0.6495P$；

$D_1 = D - 2 \times \frac{5}{8}H = D - 1.0825P$；

$d_1 = d - 2 \times \frac{5}{8}H = d - 1.0825P$；

其中：$H = \frac{\sqrt{3}}{2}P = 0.866025404P$

公称直径（大径）D、d	螺距 P	中径 D_2、d_2	小径 D_1、d_1	公称直径（大径）D、d	螺距 P	中径 D_2、d_2	小径 D_1、d_1
1	0.25	0.838	0.729	1.4	0.3	1.205	1.075
	0.2	0.870	0.783		0.2	1.270	1.183
1.1	0.25	0.938	0.829	1.6	0.35	1.373	1.221
	0.2	0.970	0.883		0.2	1.470	1.383
1.2	0.25	1.038	0.929	1.8	0.35	1.573	1.421
	0.2	1.070	0.983		0.2	1.670	1.583

（续）

公称直径（大径）D、d	螺距 P	中径 D_2、d_2	小径 D_1、d_1
2	0.4	1.740	1.567
	0.25	1.838	1.729
2.2	0.45	1.908	1.713
	0.25	2.038	1.929
2.5	0.45	2.208	2.013
	0.35	2.273	2.121
3	0.5	2.675	2.459
	0.35	2.773	2.621
3.5	0.6	3.110	2.850
	0.35	3.273	3.121
4	0.7	3.545	3.242
	0.5	3.675	3.459
4.5	0.75	4.013	3.688
	0.5	4.175	3.959
5	0.8	4.480	4.134
	0.5	4.675	4.459
5.5	0.5	5.175	4.959
6	1	5.350	4.917
	0.75	5.513	5.188
7	1	6.350	5.917
	0.75	6.513	6.188
8	1.25	7.188	6.647
	1	7.350	6.917
	0.75	7.513	7.188
9	1.25	8.188	7.647
	1	8.350	7.917
	0.75	8.513	8.188
10	1.5	9.026	8.376
	1.25	9.188	8.647
	1	9.350	8.917
	0.75	9.513	9.188
11	1.5	10.026	9.376
	1	10.350	9.917
	0.75	10.513	10.188
12	1.75	10.863	10.106
	1.5	11.026	10.376
	1.25	11.188	10.647
	1	11.350	10.917
14	2	12.701	11.835
	1.5	13.026	12.376
	1.25	13.188	12.647
	1	13.350	12.917
15	1.5	14.026	13.376
	1	14.350	13.917
16	2	14.701	13.835
	1.5	15.026	14.376
	1	15.350	14.917
17	1.5	16.026	15.376
	1	16.350	15.917
18	2.5	16.376	15.294
	2	16.701	15.835
	1.5	17.026	16.376
	1	17.350	16.917
20	2.5	18.376	17.294
	2	18.701	17.835
	1.5	19.026	18.376
	1	19.350	18.917
22	2.5	20.376	19.294
	2	20.701	19.835
	1.5	21.026	20.376
	1	21.350	20.917
24	3	22.051	20.752
	2	22.701	21.835
	1.5	23.026	22.376
	1	23.350	22.917
25	2	23.701	22.835
	1.5	24.026	23.376
	1	24.350	23.917
26	1.5	25.026	24.376
27	3	25.051	23.752
	2	25.701	24.835
	1.5	26.026	25.376
	1	26.350	25.917
28	2	26.701	25.835
	1.5	27.026	26.376
	1	27.350	26.917
30	3.5	27.727	26.211
	3	28.051	26.752
	2	28.701	27.835
	1.5	29.026	28.376
	1	29.350	28.917
32	2	30.701	29.835
	1.5	31.026	30.376
33	3.5	30.727	29.211
	3	31.051	29.752
	2	31.701	30.835
	1.5	32.026	31.376
35	1.5	34.026	33.376
36	4	33.402	31.670
	3	34.051	32.752
	2	34.701	33.835
	1.5	35.026	34.376
38	1.5	37.026	36.376

（续）

公称直径（大径）D、d	螺距 P	中径 D_2、d_2	小径 D_1、d_1
39	4	36.402	34.670
	3	37.051	35.752
	2	37.701	36.835
	1.5	38.026	37.376
40	3	38.051	36.752
	2	38.701	37.835
	1.5	39.026	38.376
42	4.5	39.077	37.129
	4	39.402	37.670
	3	40.051	38.752
	2	40.701	39.835
	1.5	41.026	40.376
45	4.5	42.077	40.129
	4	42.402	40.670
	3	43.051	41.752
	2	43.701	42.835
	1.5	44.026	43.376
48	5	44.752	42.587
	4	45.402	43.670
	3	46.051	44.752
	2	46.701	45.835
	1.5	47.026	46.376
50	3	48.051	46.752
	2	48.701	47.835
	1.5	49.026	48.376
52	5	48.752	46.587
	4	49.402	47.670
	3	50.051	48.752
	2	50.701	49.835
	1.5	51.026	50.376
55	4	52.402	50.670
	3	53.051	51.752
	2	53.701	52.835
	1.5	54.026	53.376
56	5.5	52.428	50.046
	4	53.402	51.670
	3	54.051	52.752
	2	54.701	53.835
	1.5	55.026	54.376
58	4	55.402	53.670
	3	56.051	54.752
	2	56.701	55.835
	1.5	57.026	56.376
60	5.5	56.428	54.046
	4	57.402	55.670
	3	58.051	56.752
	2	58.701	57.835
	1.5	59.026	58.376
62	4	59.402	57.670
	3	60.051	58.752
	2	60.701	59.835
	1.5	61.026	60.376
64	6	60.103	57.505
	4	61.402	59.670
	3	62.051	60.752
	2	62.701	61.835
	1.5	63.026	62.376
65	4	62.402	60.670
	3	63.051	61.752
	2	63.701	62.835
	1.5	64.026	63.376
68	6	64.103	61.505
	4	65.402	63.670
	3	66.051	64.752
	2	66.701	65.835
	1.5	67.026	66.376
70	6	66.103	63.505
	4	67.402	65.670
	3	68.051	66.752
	2	68.701	67.835
	1.5	69.026	68.376
72	6	68.103	65.505
	4	69.402	67.670
	3	70.051	68.752
	2	70.701	69.835
	1.5	71.026	70.376
75	4	72.402	70.670
	3	73.051	71.752
	2	73.701	72.835
	1.5	74.026	73.376
76	6	72.103	69.505
	4	73.402	71.670
	3	74.051	72.752
	2	74.701	73.835
	1.5	75.026	74.376
78	2	76.700	75.835
80	6	76.103	73.505
	4	77.402	75.670
	3	78.051	76.752
	2	78.701	77.835
	1.5	79.026	78.376
82	2	80.701	79.835
85	6	81.103	78.505
	4	82.402	80.670
	3	83.051	81.752
	2	83.701	82.835
90	6	86.103	83.505
	4	87.402	85.670
	3	88.051	86.752
	2	88.701	87.835

（续）

公称直径（大径）D、d	螺距 P	中径 D_2、d_2	小径 D_1、d_1	公称直径（大径）D、d	螺距 P	中径 D_2、d_2	小径 D_1、d_1
95	6	91.103	88.505	110	6	106.103	103.505
	4	92.402	90.670		4	107.402	105.670
	3	93.051	91.752		3	108.051	106.752
	2	93.701	92.835		2	108.701	107.835
100	6	96.103	93.505	115	6	111.103	108.505
	4	97.402	95.670		4	112.402	110.670
	3	98.051	96.752		3	113.051	111.752
	2	98.701	97.835		2	113.701	112.835
105	6	101.103	98.505				
	4	102.402	100.670				
	3	103.051	101.752				
	2	103.701	102.835				

注：粗牙螺纹为同一公称直径螺距最大时的值。

10. 螺纹的旋合长度（见表 8-20）

表 8-20　螺纹的旋合长度（摘自 GB/T 197—2003）　（mm）

基本大径 D、d		螺距 P	旋合长度			
			S	N		L
>	≤		≤	>	≤	>
0.99	1.4	0.2	0.5	0.5	1.4	1.4
		0.25	0.6	0.6	1.7	1.7
		0.3	0.7	0.7	2	2
1.4	2.8	0.2	0.5	0.5	1.5	1.5
		0.25	0.6	0.6	1.9	1.9
		0.35	0.8	0.8	2.6	2.6
		0.4	1	1	3	3
		0.45	1.3	1.3	3.8	3.8
2.8	5.6	0.35	1	1	3	3
		0.5	1.5	1.5	4.5	4.5
		0.6	1.7	1.7	5	5
		0.7	2	2	6	6
		0.75	2.2	2.2	6.7	6.7
		0.8	2.5	2.5	7.5	7.5
5.6	11.2	0.75	2.4	2.4	7.1	7.1
		1	3	3	9	9
		1.25	4	4	12	12
		1.5	5	5	15	15
11.2	22.4	1	3.8	3.8	11	11
		1.25	4.5	4.5	13	13
		1.5	5.6	5.6	16	16
		1.75	6	6	18	18
		2	8	8	24	24
		2.5	10	10	30	30
22.4	45	1	4	4	12	12
		1.5	6.3	6.3	19	19
		2	8.5	8.5	25	25
		3	12	12	36	36
		3.5	15	15	45	45
		4	18	18	53	53
		4.5	21	21	63	63
45	90	1.5	7.5	7.5	22	22
		2	9.5	9.5	28	28
		3	15	15	45	45
		4	19	19	56	56
		5	24	24	71	71
		5.5	28	28	85	85
		6	32	32	95	95

（续）

基本大径 D、d		螺距 P	旋合长度			
			S	N		L
>	≤		≤	>	≤	>
90	180	2	12	12	36	36
		3	18	18	53	53
		4	24	24	71	71
		6	36	36	106	106
		8	45	45	132	132
180	355	3	20	20	60	60
		4	26	26	80	80
		6	40	40	118	118
		8	50	50	150	150

注：旋合长度分为三组，分别为短旋合长度组（S）、中等旋合长度组（N）和长旋合长度组（L）。

11. 普通螺纹优选系列（见表 8-21）

表 8-21　普通螺纹优选系列（GB/T 9144—2003）　（mm）

公称直径 D、d		螺距 P	
第 1 选择	第 2 选择	粗牙	细牙
1		0.25	
1.2		0.25	
	1.4	0.3	
1.6		0.35	
	1.8	0.35	
2		0.4	
2.5		0.45	
3		0.5	
	3.5	0.6	
4		0.7	
5		0.8	
6		1	
	7	1	
8		1.25	1
10		1.5	1.25　1
12		1.75	1.5　1.25
	14	2	1.5
16		2	1.5
	18	2.5	2　1.5
20		2.5	2　1.5
	22	2.5	2　1.5
24		3	2
	27	3	2
30		3.5	2
	33	3.5	2
36		4	3
	39	4	3
42		4.5	3
	45	4.5	3
48		5	3
	52	5	4
56		5.5	4
	60	5.5	4
64		6	4

12. 内螺纹的推荐公差带（见表 8-22）

表 8-22　内螺纹的推荐公差带

公差精度	公差带位置 G			公差带位置 H		
	S	N	L	S	N	L
精密	—	—	—	4H	5H	6H
中等	(5G)	6G	(7G)	5H	$\boxed{6H}$	7H
粗糙	—	(7G)	(8G)	—	7H	8H

13. 外螺纹的推荐公差带（见表 8-23）

表 8-23 外螺纹的推荐公差带

公差精度	公差带位置 e			公差带位置 f			公差带位置 g			公差带位置 h		
	S	N	L	S	N	L	S	N	L	S	N	L
精密	—	—	—	—	—	—	—	(4g)	(5g4g)	(3h4h)	4h	(5h4h)
中等	—	6e	(7e6e)		6f	—	(5g6g)	6g	(7g6g)	(5h6h)	6h	(7h6h)
粗糙	—	(8e)	(9e8e)	—	—	—		8g	(9g8g)	—	—	—

14. 普通螺纹标记

螺纹标记：完整的螺纹标记由螺纹特征代号、尺寸代号、公差带代号及其他有必要做进一步说明的个别信息组成。

螺纹特征代号用字母“M”表示。

（1）尺寸代号

单线螺纹：公称直径×螺距，公称直径和螺距的单位为毫米。粗牙螺纹可以省略标注其螺距项。

标注示例

公称直径为 8mm，螺距为 1mm 的单线细牙螺纹：M8×1

公称直径为 8mm，螺距为 1.25mm 的单线粗牙螺纹：M8

多线螺纹：公称直径×Ph 导程 P 螺距，公称直径、导程和螺距的单位为毫米。如果要进一步表明螺纹的线数，可在后面增加括号说明（使用英语进行说明，例如：双线为 two starts；三线为 three starts；四线为 four starts）。

标注示例

公称直径为 16mm，螺距为 1.5mm、导程为 3mm 的双线螺纹：M16×Ph3P1.5 或 M16×Ph3P1.5（two starts）。

（2）公差带代号

公差带代号包含中径公差带代号和顶径公差带代号。中径公差带代号在前，顶径公差带代号在后。各直径的公差带代号由表示公差等级的数值和表示公差带位置的字母（内螺纹用大写字母，外螺纹用小写字母）组成。如果中径公差带代号与顶径公差带代号相同，则应只标注一个公差带代号。螺纹尺寸代号与公差带间用“-”分开。

标注示例

中径公差带为 5g、顶径公差带为 6g 的外螺纹：M10×1-5g6g

中径公差带和顶径公差带均为 6g 的粗牙外螺纹：M10-6g

中径公差带为 5H、顶径公差带为 6H 的内螺纹：M10×1-5H6H

中径公差带和顶径公差带为 6H 的粗牙内螺纹：M10-6H

在下列情况下，中等公差精度螺纹不标注其公差带代号。

内螺纹：

5H 公称直径小于和等于 1.4mm 时；

6H 公称直径大于和等于 1.6mm 时。

注：对螺距为 0.2mm 的螺纹，其公差等级为 4 级。

外螺纹：

6h 公称直径小于和等于 1.4mm 时；

6g 公称直径大于和等于 1.6mm 时。

标注示例

中径公差带和顶径公差带为 6g、中等公差精度的粗牙外螺纹：M10

中径公差带和顶径公差带为 6H、中等公差精度的粗牙内螺纹：M10

（3）内、外螺纹配合

表示内、外螺纹配合时，内螺纹公差带代号在前，外螺纹公差带代号在后，中间用斜线分开。

标注示例

公差带为 6H 的内螺纹与公差带为 5g6g 的外螺纹组成配合：M20 ×2-6H/5g6g

公差带为 6H 的内螺纹与公差带为 6g 的外螺纹组成配合（中等公差精度、粗牙）：M6

（4）其他信息

标记内有必要说明的其他信息包括螺纹的旋合长度和旋向。对短旋合长度组和长旋合长度组的螺纹，宜在公差带代号后分别标注“S”和“L”代号。旋合长度代号与公差带间用“-”号分开，中等旋合长度组螺纹不标注旋合长度代号（N）。

标注示例

短旋合长度的内螺纹：M20 ×2-5H-S

长旋合长度的内、外螺纹：M6-7H/7g6g-L

中等旋合长度的外螺纹（粗牙、中等精度的 6g 公差带）：M6

对左旋螺纹，应在旋合长度代号之后标注“LH”代号。旋合长度代号与旋向代号间用“-”号分开。右旋螺纹不标注旋向代号。

标注示例

左旋螺纹：M8 ×1-LH（公差带代号和旋合长度代号被省略）

M6 ×0.75-5h6h-S-LH

M14 ×Ph6P2-7H-L-LH 或 M14 ×Ph6P2（three starts）-7H-L-LH

右旋螺纹：M6（螺距、公差带代号、旋合长度代号和旋向代号被省略）

15. 普通螺纹中等精度、优选系列的极限尺寸

普通螺纹中等精度、优选系列的极限尺寸见表 8-24 ~ 表 8-27，均摘自（GB/T 9145—2003）。

表 8-24　粗牙内螺纹中径和小径的极限尺寸　（mm）

螺纹	旋合长度		中径 D_2		小径 D_1	
	>	≤	max	min	max	min
M1	0.6	1.7	0.894	0.838	0.785	0.729
M1.2	0.6	1.7	1.094	1.038	0.985	0.929
M1.4	0.7	2	1.265	1.205	1.142	1.075
M1.6	0.8	2.6	1.458	1.373	1.321	1.221
M1.8	0.8	2.6	1.658	1.573	1.521	1.421
M2	1	3	1.830	1.740	1.679	1.567
M2.5	1.3	3.8	2.303	2.208	2.138	2.013
M3	1.5	4.5	2.775	2.675	2.599	2.459
M3.5	1.7	5	3.222	3.110	3.010	2.850
M4	2	6	3.663	3.545	3.422	3.242
M5	2.5	7.5	4.605	4.480	4.334	4.134
M6	3	9	5.500	5.350	5.153	4.917

（续）

螺纹	旋合长度		中径 D_2		小径 D_1	
	>	≤	max	min	max	min
M7	3	9	6.500	6.350	6.153	5.917
M8	4	12	7.348	7.188	6.912	6.647
M10	5	15	9.206	9.026	8.676	8.376
M12	6	18	11.063	10.863	10.441	10.106
M14	8	24	12.913	12.701	12.210	11.835
M16	8	24	14.913	14.701	14.210	13.835
M18	10	30	16.600	16.376	15.744	15.294
M20	10	30	18.600	18.376	17.744	17.294
M22	10	30	20.600	20.376	19.744	19.294
M24	12	36	22.316	22.051	21.252	20.752
M27	12	36	25.316	25.051	24.252	23.752
M30	15	45	28.007	27.727	26.771	26.211
M33	15	45	31.007	30.727	29.771	29.211
M36	18	53	33.702	33.402	32.270	31.670
M39	18	53	36.702	36.402	35.270	34.670
M42	21	63	39.392	39.077	37.799	37.129
M45	21	63	42.392	42.077	40.799	40.129
M48	24	71	45.087	44.752	43.297	42.587
M52	24	71	49.087	48.752	47.297	46.587
M56	28	85	52.783	52.428	50.796	50.046
M60	28	85	56.783	56.428	54.796	54.046
M64	32	95	60.478	60.103	58.305	57.505

表 8-25　粗牙外螺纹大径和中径的极限尺寸　（mm）

螺纹	旋合长度		大径 d		中径 d_2		牙底圆弧半径
	>	≤	max	min	max	min	min①
M1	0.6	1.7	1.000	0.933	0.838	0.785	0.031
M1.2	0.6	1.7	1.200	1.133	1.038	0.985	0.031
M1.4	0.7	2	1.400	1.325	1.205	1.149	0.038
M1.6	0.8	2.6	1.581	1.496	1.354	1.291	0.044
M1.8	0.8	2.6	1.781	1.696	1.554	1.491	0.044
M2	1	3	1.981	1.886	1.721	1.654	0.050
M2.5	1.3	3.8	2.480	2.380	2.188	2.117	0.056
M3	1.5	4.5	2.980	2.874	2.655	2.580	0.063
M3.5	1.7	5	3.479	3.354	3.089	3.004	0.075
M4	2	6	3.978	3.838	3.523	3.433	0.088
M5	2.5	7.5	4.976	4.826	4.456	4.361	0.100
M6	3	9	5.974	5.794	5.324	5.212	0.125
M7	3	9	6.974	6.794	6.324	6.212	0.125
M8	4	12	7.972	7.760	7.160	7.042	0.156
M10	5	15	9.968	9.732	8.994	8.862	0.188
M12	6	18	11.966	11.701	10.829	10.679	0.219
M14	8	24	13.962	13.682	12.663	12.503	0.250
M16	8	24	15.962	15.682	14.663	14.503	0.250

（续）

螺纹	旋合长度		大径 d		中径 d_2		牙底圆弧半径
	>	≤	max	min	max	min	min①
M18	10	30	17.958	17.623	16.334	16.164	0.313
M20	10	30	19.958	19.623	18.334	18.164	0.313
M22	10	30	21.958	21.623	20.334	20.164	0.313
M24	12	36	23.952	23.577	22.003	21.803	0.375
M27	12	36	26.952	26.577	25.003	24.803	0.375
M30	15	45	29.947	29.522	27.674	27.462	0.438
M33	15	45	32.947	32.522	30.674	30.462	0.438
M36	18	53	35.940	35.465	33.342	33.118	0.500
M39	18	53	38.940	38.465	36.342	36.118	0.500
M42	21	63	41.937	41.437	39.014	38.778	0.563
M45	21	63	44.937	44.437	42.014	41.778	0.563
M48	24	71	47.929	47.399	44.681	44.431	0.625
M52	24	71	51.929	51.399	48.681	48.431	0.625
M56	28	85	55.925	55.365	52.353	52.088	0.688
M60	28	85	59.925	59.365	56.353	56.088	0.688
M64	32	95	63.920	63.320	60.023	59.743	0.750

注：本表使用条件为：公差精度为中等；旋合长度为中等；公差带：6h 公称直径不大于 1.4mm；6g：公称直径大于 1.4mm。

① 有关规定见 GB/T 197—2003 的第 7 章和表 9。

表 8-26　细牙内螺纹中径和小径的极限尺寸　（mm）

螺纹	旋合长度		中径 D_2		小径 D_1	
	>	≤	max	min	max	min
M8 × 1	3	9	7.500	7.350	7.153	6.917
M10 × 1	4	12	9.500	9.350	9.153	8.917
M10 × 1.25	4	12	9.348	9.188	8.912	8.647
M12 × 1.25	4.5	13	11.368	11.188	10.912	10.647
M12 × 1.5	4.5	13	11.216	11.026	10.676	10.376
M14 × 1.5	5.6	16	13.216	13.026	12.676	12.376
M16 × 1.5	5.6	16	15.216	15.026	14.676	14.376
M18 × 1.5	5.6	16	17.216	17.026	16.676	16.376
M18 × 2	5.6	16	16.913	16.701	16.210	15.835
M20 × 1.5	5.6	16	19.216	19.026	18.676	18.376
M20 × 2	5.6	16	18.913	18.701	18.210	17.835
M22 × 1. 5	5.6	16	21.216	21.026	20.676	20.376
M22 × 2	5.6	16	20.913	20.701	20.210	19.835
M24 × 2	8.5	25	22.925	22.701	22.210	21.835
M27 × 2	8.5	25	25.925	25.701	25.210	24.835
M30 × 2	8.5	25	28.925	28.701	28.210	27.835
M33 × 2	8.5	25	31.925	31.701	31.210	30.835
M36 × 3	12	36	34.316	34.051	33.252	32.752

（续）

螺纹	旋合长度		中径 D_2		小径 D_1	
	>	≤	max	min	max	min
M39 × 3	12	36	37.316	37.051	36.252	35.752
M42 × 3	12	36	40.316	40.051	39.252	38.752
M45 × 3	12	36	43.316	43.051	42.252	41.752
M48 × 3	15	45	46.331	46.051	45.252	44.752
M52 × 4	19	56	49.717	49.402	48.270	47.670
M56 × 4	19	56	53.717	53.402	52.270	51.670
M60 × 4	19	56	57.717	57.402	56.270	55.670
M64 × 4	19	56	61.717	61.402	60.270	59.670

注：本表适用于下列条件：公差精度是中等；旋合长度是中等；公差带为6H。

表 8-27　细牙外螺纹大径和中径的极限尺寸　（mm）

螺纹	旋合长度		大径 d		中径 d_2		牙底圆弧半径
	>	≤	max	min	max	min	min①
M8 × 1	3	9	7.974	7.794	7.324	7.212	0.125
M10 × 1	4	12	9.974	9.794	9.324	9.212	0.125
M10 × 1.25	4	12	9.972	9.760	9.160	9.042	0.156
M12 × 1.25	4.5	13	11.972	11.760	11.160	11.028	0.156
M12 × 1.5	4.5	13	11.968	11.732	10.994	10.854	0.188
M14 × 1.5	5.6	16	13.968	13.732	12.994	12.854	0.188
M16 × 1.5	5.6	16	15.968	15.732	14.994	14.854	0.188
M18 × 1.5	5.6	16	17.968	17.732	16.994	16.854	0.188
M18 × 2	5.6	16	17.962	17.682	16.663	16.503	0.250
M20 × 1.5	5.6	16	19.968	19.732	18.994	18.854	0.188
M20 × 2	5.6	16	19.962	19.682	18.663	18.503	0.250
M22 × 1.5	5.6	16	21.968	21.732	20.994	20.854	0.188
M22 × 2	5.6	16	21.962	21.682	20.663	20.503	0.250
M24 × 2	8.5	25	23.962	23.682	22.663	22.493	0.250
M27 × 2	8.5	25	26.962	26.682	25.663	25.493	0.250
M30 × 2	8.5	25	29.962	29.682	28.663	28.493	0.250
M33 × 2	8.5	25	32.962	32.682	31.663	31.493	0.250
M36 × 3	12	36	35.952	35.577	34.003	33.803	0.375
M39 × 3	12	36	38.952	38.577	37.003	36.803	0.375
M42 × 3	12	36	41.952	41.577	40.003	39.803	0.375
M45 × 3	12	36	44.952	44.577	43.003	42.803	0.375
M48 × 3	15	45	47.952	47.577	46.003	45.791	0.375
M52 × 4	19	56	51.940	51.465	49.342	49.106	0.500
M56 × 4	19	56	55.940	55.465	53.342	53.106	0.500
M60 × 4	19	56	59.940	59.465	57.342	57.106	0.500
M64 × 4	19	56	63.940	63.465	61.342	61.106	0.500

注：公差精度：中等；旋合长度：中等；公差带：6g。

① 有关规定见 GB/T 197—2003 的第 7 章和表 9。

16. 螺栓（螺钉、螺柱）的性能等级（见表 8-28）

表 8-28　螺栓（螺钉、螺柱）的性能等级（摘自 GB/T 3098.1—2000）

		性能等级①										
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9
								$d \leqslant 16$/mm	$d > 16$/mm			
公称抗拉强度 R_m/MPa		300	400		500		600	800		900	1000	1200
最小抗拉强度 R_{mmin}/MPa		330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
维氏硬度 HV $F \geqslant 98$N	min	95	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
	max	220					250	320	335	360	380	435
布氏硬度 HBW $F = 30D^2$	min	90	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366
	max	209					238	304	318	342	361	414
洛氏硬度 HRC	min	—	—	—	—	—	—	22	23	28	32	39
	max	—	—	—	—	—	—	32	34	37	39	44
屈服强度 R_{eL}②或非比例伸长应力 $R_{p0.2}$	公称	180	240	320	300	400	480	640	640	720	900	1080
	min	190	240	340	300	420	480	640	660	720	940	1080
保证应力 S_p	S_p/MPa	180	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
	S_p/R_{eL}②或$S_p/R_{p0.2}$	0.94	0.94	0.91	0.93	0.90	0.92	0.91	0.91	0.90	0.88	0.88
冲击吸收能量 KV/J min		—	—	—	25	—	—	30	30	25	20	15

注：推荐材料：3.6 级—低碳钢，4.6～6.8 级—低碳钢或中碳钢，8.8、9.8 级—低碳合金钢，中碳钢，淬火并回火，10.9 级—中碳钢，低、中碳合金钢，合金钢，淬火并回火；12.9 级—合金钢淬火并回火。

① 性能等级小数点前的数字代表材料公称抗拉强度 R_m 的 1/100，小数点后的数字代表材料的屈服强度（R_{eL}）或非比例伸长应力（$R_{p0.2}$）与公称抗拉强度（R_m）之比的 10 倍（$10R_{eL}/R_m$）。

② 3.6～6.8 级为 R_{eL}，8.8～12.9 级为 $R_{p0.2}$。

17. 螺母的性能等级（见表 8-29）

表 8-29　螺母形式和性能等级对应的公称直径范围（摘自 GB/T 3098.2—2015）

性能等级	公称直径范围 D/mm		
	标准螺母(1 型)	高螺母(2 型)	薄螺母(0 型)
04	—	—	M5≤D≤M39 M8×1≤D≤M39×3
05	—	—	M5≤D≤M39 M8×1≤D≤M39×3
5	M5≤D≤M39 M8×1≤D≤M39×3	—	—
6	M5≤D≤M39 M8×1≤D≤M39×3	—	—
8	M5≤D≤M39 M8×1≤D≤M39×3	M16≤D≤M39 M8×1≤D≤M16×1.5	—
10	M5≤D≤M39 M8×1≤D≤M16×1.5	M5≤D≤M39 M8×1≤D≤M39×3	—
12	M5≤D≤M16	M5≤D≤M39 M8×1≤D≤M16×1.5	—

18. 适合各种力学性能等级的材料及热处理（见表 8-30）

表 8-30　适合各种力学性能等级的材料及热处理（摘自 GB/T 3098.1—2000）

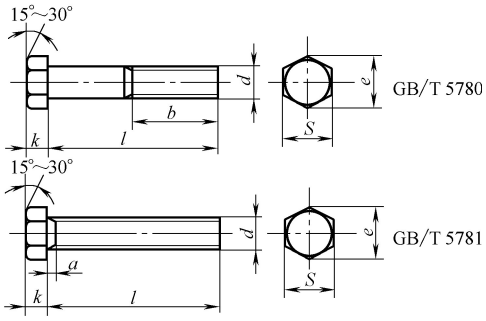
性能等级	材料和热处理	化学成分(质量分数,%)					回火温度/℃
		C		P	S	B①	
		min	max	max	max	max	min
3.6②	碳钢	—	0.20	0.05	0.06	0.003	—
4.6②		—	0.55	0.05	0.06	0.003	—
4.8②							
5.6		0.13	0.55	0.05	0.06	0.003	—
5.8②		—	0.55	0.05	0.06		
6.8②							
8.8③	低碳合金钢(如硼、锰或铬),淬火并回火或中碳钢,淬火并回火	0.15④	0.04	0.035	0.035	0.003	425
		0.25	0.55	0.035	0.035		
9.8	低碳合金钢(如硼、锰或铬),淬火并回火或中碳钢,淬火并回火	0.15④	0.35	0.035	0.035	0.003	425
		0.25	0.55	0.035	0.035		
10.9⑤、⑥	低碳合金钢(如硼、锰或铬),淬火并回火	0.15④	0.35	0.035	0.035	0.003	340
10.9⑥	中碳钢,淬火并回火	0.25	0.55	0.035	0.035	0.003	425
	或低、中碳合金钢(如硼、锰或铬),淬火并回火或合金钢,淬火并回火⑦	0.20④	0.55	0.035	0.035		
		0.20	0.55	0.035	0.035	0.003	
12.9⑥、⑧、⑨	合金钢,淬火并回火⑦	0.28	0.50	0.035	0.035	0.003	380

① 硼的质量分数可达 0.005%，其非有效硼可由添加钛和（或）铝控制。
② 这些性能等级允许采用易切钢制造，其硫、磷及铅的最大质量分数为：硫 0.34%；磷 0.11%；铅 0.35%。
③ 为保证良好的淬透性，螺纹直径超过 20mm 的紧固件，需采用对 10.9 级规定的钢。
④ 含碳量低于 0.25%（桶样分析）的低碳硼合金钢的锰最低含量为：8.8 级；0.6%；9.8、10.9 和10.9级；0.7%。
⑤ 该产品应在性能等级代号下增加一横线标志。10.9级应符合 GB/T 3098.1—2000 的表 3 对 10.9 级规定的所有性能，而较低的回火温度对其在提高温度的条件下，将造成不同程度的应力削弱。
⑥ 用于该性能等级的材料应具有良好的淬透性，以保证紧固件螺纹截面的芯部在淬火后、回火前获得约 90% 的马氏体组织。
⑦ 合金钢至少应含有以下元素中的一种元素，其最小质量分数为：铬 0.30%；镍 0.30%；钼 0.20%；钒 0.10%。
⑧ 考虑承受抗拉应力，12.9 级的表面不允许有金相能测出的白色磷聚集层。
⑨ 该化学成分和回火温度尚在调查研究中。

8.1.3　常用螺纹连接件及其标准数据

1. 螺栓（见表 8-31 ~ 表 8-37）

表 8-31　C 级六角头螺栓（GB/T 5780—2000）、**全螺纹六角头螺栓**（GB/T 5781—2000）



标记示例

螺纹规格 d = M12，公称长度 l = 80mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理，C 级六角头螺栓的标记：

螺栓　GB/T 5780 M12 × 80

（续）

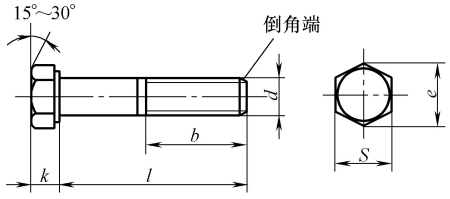
螺纹规格 d (8g)		M5	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16	(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)
b	$l \leqslant 125$	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60
	$125 < l \leqslant 200$	22	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	66
	$l > 200$	35	37	41	45	49	53	57	61	65	69	73	79
a max		2.4	3	4	4.5	5.3	6	6	7.5	7.5	7.5	9	9
e min		8.63	10.89	14.2	17.59	19.85	22.78	26.17	29.56	32.95	37.29	39.55	45.2
k 公称		3.5	4	5.3	6.4	7.5	8.8	10	11.5	12.5	14	15	17
S	max	8	10	13	16	18	21	24	27	30	34	36	41
	min	7.64	9.64	12.57	15.57	17.57	20.16	23.16	26.16	29.16	33	35	40
l	GB/T 5780	25～50	30～60	40～80	45～100	55～120	60～140	65～160	80～180	65～200	90～220	100～240	110～260
	GB/T 5781	10～50	12～60	16～80	20～100	25～180	30～140	30～160	35～180	40～200	45～220	50～240	55～280
性能等级	钢	3.6、4.6、4.8											
表面处理	钢	1）不经处理　2）电镀　3）非电解锌粉覆盖层											

螺纹规格 d (8g)		M30	(M33)	M36	(M39)	M42	(M45)	M48	(M52)	M56	(M60)	M64
b	$l \leqslant 125$	66	72	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$125 < l \leqslant 200$	72	78	84	90	96	102	108	116	—	132	—
	$l > 200$	85	91	97	103	109	115	121	129	137	145	153
a max		10.5	10.5	12	12	13.5	13.5	15	15	16.5	16.5	18
e min		50.85	55.37	60.79	66.44	72.02	76.95	82.6	82.25	93.56	99.21	104.86
k 公称		18.7	21	22.5	25	26	28	30	33	35	38	40
S	max	46	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
	min	45	49	53.8	58.8	63.8	68.1	73.1	78.1	82.8	87.8	92.8
l① 长度范围	GB/T 5780	120～300	130～320	140～360	150～400	180～420	180～440	200～480	200～500	240～500	240～500	260～500
	GB/T 5781	60～300	65～360	70～360	80～400	80～420	90～440	100～480	100～500	110～500	120～500	120～500
性能等级	钢	3.6、4.6、4.8				按协议						
表面处理	钢	1）不经处理　2）电镀　3）非电解锌粉覆盖层										

注：尽可能不采用括号内的规格。

① 长度系列（单位为 mm）为 10、12、16、20～70（5 进位）、70～150（10 进位）、180～500（20 进位）。

表 8-32　粗牙（GB/T 5782—2000）、细牙（GB/T 5785—2000）六角头螺栓　　（mm）



标记示例

螺纹规格 d = M12，公称长度 l = 80mm，性能等级为 8.8 级，表面氧化，A 级六角头螺栓的标记：

螺栓　GB/T 5782 M12 × 80

螺纹规格 d = M12 × 1.5、公称长度 l = 80mm、细牙螺纹、性能等级为 8.8 级、表面氧化、A 级六角头螺栓的标记：

螺栓　GB/T 5785 M12 × 1.5 × 80

螺纹规格 (6g)	d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16
	$d \times P$	—	—	—	—	M8 × 1	M10 × 1	M12 × 1.5	(M14 × 1.5)	M16 × 1.5
		—	—	—	—	—	(M10 × 1.25)	(M12 × 1.25)		—
b (参考)	$l \leqslant 125$	12	14	16	18	22	26	30	34	38
	$125 < l \leqslant 200$	—	—	—	—	28	32	36	40	44
	$l > 200$	—	—	—	—	41	45	49	57	57

（续）

螺纹规格（6g）	d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	（M14）	M16
	$d \times P$	—	—	—	—	M8 × 1	M10 × 1	M12 × 1.5	（M14 × 1.5）	M16 × 1.5
		—	—	—	—	—	（M10 × 1.25）	（M12 × 1.25）		—
e min	A 级	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	23.36	26.75
	B 级	—	—	—	—	14.2	17.59	19.85	22.78	26.17
S	max	5.5	7	8	10	13	16	18	21	24
	min A 级	5.32	6.78	7.78	9.78	12.73	15.73	17.73	20.67	23.67
	min B 级	—	—	—	—	12.57	15.57	17.57	20.16	23.16
k 公称		2	2.8	3.5	4	5.3	6.4	7.5	8.8	10
l① 长度范围	A 级	20 ~ 30	25 ~ 40	25 ~ 40	30 ~ 60	35 ~ 80	40 ~ 100	45 ~ 120	50 ~ 140	55 ~ 140
	B 级	—	—	—	—	—	—	—	—	160

螺纹规格（6g）	d	（M18）	M20	（M22）	M24	（M27）	M30	（M33）	M36
	$d \times P$	（M18 × 1.5）	（M20 × 2）	（M22 × 1.5）	M24 × 2	（M27 × 2）	M30 × 2	（M33 × 2）	M36 × 3
		—	M20 × 1.5	—	—	—	—	—	—
b（参考）	$l \leqslant 125$	42	46	50	54	60	66	72	78
	$125 < l \leqslant 200$	48	52	56	60	66	72	78	84
	$l > 200$	61	65	69	73	79	85	91	97
e min	A 级	30.14	33.53	37.72	39.98	—	—	—	—
	B 级	29.56	32.95	37.29	39.55	45.2	50.85	55.37	60.79
S	max	27	30	34	36	41	46	50	55
	min A 级	26.67	29.67	33.38	35.38	—	—	—	—
	min B 级	26.16	29.16	33	35	40	45	49	53.8
k 公称		11.5	12.5	14	15	17	18.7	21	22.5
l① 长度范围	A 级	60 ~ 150	65 ~ 150	70 ~ 150	80 ~ 150	90 ~ 150	90 ~ 150	100 ~ 150	110 ~ 150
	B 级	160 ~ 180	160 ~ 200	160 ~ 220	160 ~ 240	160 ~ 260	160 ~ 300	160 ~ 320	110 ~ 360

螺纹规格（6g）	d	（M18）	M20	（M22）	M24	（M27）	M30	（M33）	M36
	$d \times P$	（M18 × 1.5）	（M20 × 2）	（M22 × 1.5）	M24 × 2	（M27 × 2）	M30 × 2	（M33 × 2）	M36 × 3
		—	M20 × 1.5	—	—	—	—	—	—
b（参考）	$l \leqslant 125$	42	46	50	54	60	66	72	78
	$125 < l \leqslant 200$	48	52	56	60	66	72	78	84
	$l > 200$	61	65	69	73	79	85	91	97
e min	A 级	30.14	33.53	37.72	39.98	—	—	—	—
	B 级	29.56	32.95	37.29	39.55	45.2	50.85	55.37	60.79
S	max	27	30	34	36	41	46	50	55
	min A 级	26.67	29.67	33.38	35.38	—	—	—	—
	min B 级	26.16	29.16	33	35	40	45	49	53.8
k 公称		11.5	12.5	14	15	17	18.7	21	22.5
l① 长度范围	A 级	60 ~ 150	65 ~ 150	70 ~ 150	80 ~ 150	90 ~ 150	90 ~ 150	100 ~ 150	110 ~ 150
	B 级	160 ~ 180	160 ~ 200	160 ~ 220	160 ~ 240	160 ~ 260	160 ~ 300	160 ~ 320	110 ~ 360

螺纹规格（6g）	d	（M39）	M42	（M45）	M48	（M52）	M56	（M60）	M64
	$d \times P$	（M39 × 3）	M42 × 3	（M45 × 3）	M48 × 3	（M52 × 4）	M56 × 4	（M60 × 4）	（M64 × 4）
b（参考）	$l \leqslant 125$	84	—	—	—	—	—	—	—
	$125 < l \leqslant 200$	90	96	102	108	116	124	132	140
	$l > 200$	103	109	115	121	129	137	145	153

螺纹规格（6g）	d	（M39）	M42	（M45）	M48	（M52）	M56	（M60）	M64
	$d \times P$	（M39 × 3）	M42 × 3	（M45 × 3）	M48 × 3	（M52 × 4）	M56 × 4	（M60 × 4）	M64 × 4
e min	B 级	66.44	71.3	76.95	82.6	88.25	93.56	99.21	104.86
S	max	60	65	70	75	80	85	90	95
	min B 级	58.8	63.1	68.1	73.1	78.1	82.8	87.8	92.8

（续）

螺纹规格 (6g)	d	(M39)	M42	(M45)	M48	(M48)	M56	(M60)	M64
	$d \times P$	(M39 ×3)	(M42 ×3)	(M45 ×3)	M48 ×3	(M52 ×4)	M56 ×4	(M60 ×4)	M64 ×4
k 公称		25	26	28	30	33	35	38	40
l① 长度范围	B 级	130 ~ 380	120 ~ 400	130 ~ 400	140 ~ 400	150 ~ 400	160 ~ 400	180 ~ 400	200 ~ 400

注：1. 括号内为非优选的螺纹规格，尽可能不采用。

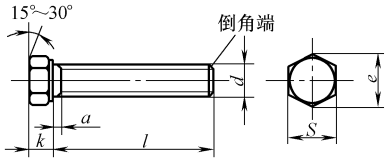
2. 表面处理、钢—氧化、镀锌钝化；不锈钢—不经处理。

3. 性能等级

螺栓直径 d	M8 ~ M20	(M22) ~ (M39)	M42 ~ M64
钢	8.8、10.9		按协议
不锈钢	A2-70	A2-50	按协议

① 长度系列（单位为 mm）为 20 ~ 50（5 进位）、(55)、60、(65)、70 ~ 160（10 进位）、180 ~ 400（20 进位）。

表 8-33　粗牙全螺纹六角头螺栓（GB/T 5783—2000）　（mm）



标记示例

螺纹规格 d = M12，公称长度 l = 80mm，性能等级为 8.8 级，表面氧化，全螺纹，A 级六角头螺栓的标记：

螺栓　GB/T 5783 M12 ×80

螺纹规格 d (6g)			M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16
a max			1.5	2.1	2.4	3	3.75	4.5	5.25	6	6
e min		A 级	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	23.36	26.75
S	max		5.5	7	8	10	13	16	18	21	24
	min	A 级	5.32	6.78	7.78	9.78	12.73	15.73	17.73	20.67	23.67
k 公称			2	2.8	3.5	4	5.3	6.4	7.5	8.8	10
l①		A 级	6 ~ 30	8 ~ 40	10 ~ 50	12 ~ 60	16 ~ 80	20 ~ 100	25 ~ 120	30 ~ 140	30 ~ 100

螺纹规格 d (6g)			(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	(M33)	M36
a max			7.5	7.5	7.5	9	9	10.5	10.5	12
e min		A 级	30.14	33.53	37.72	39.98	—	—	—	—
		B 级	29.56	—	37.29	—	45.2	50.85	55.37	60.79
S	max		27	30	34	36	41	46	50	55
	min	A 级	26.67	29.67	33.38	35.38	—	—	—	—
		B 级	26.16	—	33	—	40	45	49	53.8
k 公称			11.5	12.5	14	15	17	18.7	21	22.5
l① 长度范围		A 级	35 ~ 100	40 ~ 150	45 ~ 150	40 ~ 100	55 ~ 200	60 ~ 200	65 ~ 200	70 ~ 200
		B 级	160 ~ 200	160 ~ 200	160 ~ 200	—	—	—	—	—

螺纹规格 d (6g)			(M39)	M42	(M45)	M48	(M52)	M56	(M60)	M64
a max			12	13.5	13.5	15	15	16.5	16.5	18
e min		B 级	66.44	71.03	76.95	82.6	88.25	93.56	99.21	104.86
S	max		60	65	70	75	80	85	90	95
	B 级		58.8	63.1	68.1	73.1	78.1	82.8	87.8	92.8
k 公称			25	26	28	30	33	35	38	40

（续）

螺纹规格 d（6g）		（M39）	M42	（M45）	M48	（M52）	M56	（M60）	M64
l① 长度范围	A 级	80～200	80～200	90～200	100～200	100～200	110～200	110～200	120～200

注：1. 括号内为非优选的螺纹规格。

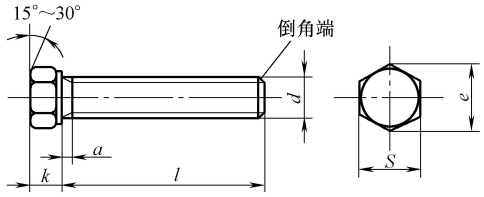
2. 表面处理、钢—氧化、镀锌钝化；不锈钢—不经处理。

3. 性能等级见下表：

螺栓直径	M3～M20	（M22～M39）	M42～M64
钢	8.8、10.9	8.8、10.9	按协议
不锈钢	A2—70	A2—50	按协议

① 长度系列（单位为 mm）为 6、8、10、12、16、20～70（5 进位）、70～160（10 进位）、160～200（20 进位）。

表 8-34　细牙全螺纹六角头螺栓（GB/T 5786—2000）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 d = M12×1.5，公称长度 l = 80mm，细牙螺纹，性能等级为 8.8 级，表面氧化，全螺纹，A 级六角头螺栓的标记：

螺栓 GB/T 5786—2000　M12×1.5×80

螺纹规格 $d\times p$（6g）			M8×1	M10×1	M12×1.5	（M14×1.5）	M16×1.5	（M18×1.5）	（M20×2）
			—	（M10×1.25）	（M12×1.25）	—	—	—	M20×1.5
a	max		3	3(4)②	4.5(4)②	4.5	4.5	4.5	4.5(6)②
e	min	A 级	14.38	17.77	20.03	23.36	26.75	30.14	33.53
		B 级	14.20	17.59	19.85	22.78	26.17	29.56	32.95
S	max		13	16	18	21	24	27	30
	min	A 级	12.73	15.73	17.73	20.67	23.67	26.67	29.67
		B 级	12.57	15.57	17.57	20.16	23.16	26.16	29.16
k	公称		5.3	6.4	7.5	8.8	10	11.5	12.5
l①		A 级	16～90	20～100	25～120	30～140	35～150	35～150	40～150
		B 级	—	—	—	—	160	160～180	160～200

螺纹规格 $d\times P$（6g）			（M22×1.5）	M24×2	（M27×2）	M30×2	（M33×2）	M36×3	（M39×3）
a	max		4.5	6	6	6	6	9	9
e	min	A 级	37.72	39.98	—	—	—	—	—
		B 级	37.29	39.55	45.2	50.85	55.37	60.79	66.44
S	max		34	36	41	46	50	55	60
	min	A 级	33.38	35.38	—	—	—	—	—
		B 级	33	35	40	45	49	53.8	58.8
k	公称		14	15	17	18.7	21	22.5	25
l① 长度范围		A 级	45～150	40～150	—	—	—	—	—
		B 级	160～220	160～200	55～280	40～220	65～360	40～220	80～380

（续）

螺纹规格 $d\times p$（6g）			M42×3	（M45×3）	M48×3	（M52×4）	M56×4	（M60×4）	M64×4
a	max		9	9	9	12	12	12	12
e	min	B 级	71.3	76.95	82.6	88.25	93.56	99.21	104.86
S	max		65	70	75	80	85	90	95
	min	B 级	63.1	68.1	73.1	78.1	82.8	87.8	92.8
k	公称		26	28	30	33	35	38	40
l① 长度范围		B 级	90～420	90～440	100～480	100～500	120～500	110～500	130～500

注：1. 括号内为非优选的螺纹规格。

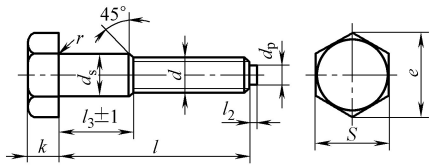
2. 表面处理：钢—氧化，不锈钢—简单处理。

3. 性能等级

螺栓规格 d	M8×1～（M20×2）	（M22×1.5）～（M39×3）	M42×3～M64×4
钢	5.6、8.8、10.9	5.6、8.8、10.9	按协议
不锈钢	A2-70、A4-70	A2-50、A4-50	按协议

① 长度系列（单位为 mm）为 6、8、10、12、16、20～70（5 进位）、70～160（10 进位）、160～200（20 进位）。

表 8-35　六角头铰制孔光制螺栓　（mm）



标记示例

螺纹规格 d = M12，d_s 尺寸按本表规定，公称长度 l = 80mm，性能 8.8 级，表面氧化处理，A 级的六角头铰制孔用螺栓的标记示例：

螺栓 GB/T 27—2013　M12×80

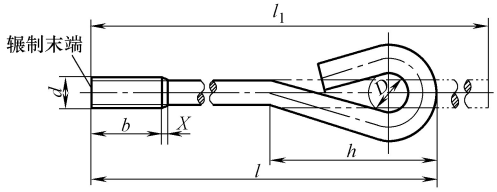
规格 d			M6	M8	M10	M12	（M14）	M16	（M18）	M20	（M22）	M24	（M27）	M30
d_s（h9）	max		7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	28	32
	min		6.96	8.96	10.96	12.96	14.96	16.96	18.95	20.95	22.95	24.95	27.95	31.94
S	max		10	13	16	18	21	24	27	30	34	36	41	46
	min	A 级	9.78	12.73	15.73	17.73	20.67	23.67	26.67	29.67	33.38	35.38	—	—
		B 级	9.64	12.57	15.57	17.57	20.16	23.16	26.16	29.16	33	35	40	45
k	公称		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	17
r	min		0.25	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	1	1
d_p			4	5.5	7	8.5	10	12	13	15	17	18	21	23
l_2			1.5		2		3			4			5	
e_{min}		A	11.05	14.38	17.77	20.03	23.35	26.75	30.14	33.53	37.72	39.98	—	—
		B	10.89	14.20	17.59	19.85	22.78	26.17	29.56	32.95	37.29	39.55	45.20	50.85
l 范围			22～65	25～80	30～120	35～180	40～180	45～200	50～200	55～200	60～200	65～200	75～200	80～230
l 系列			25，（28），30，（32），35，（38），40，45，50，（55），60，（65），70，（75），80，85，90，（95），100～260（10 进位），280，300											

注：1. 尽可能不采用括号内的规格。

2. 根据使用要求，螺杆上无螺纹部分杆径（d_s）允许按 m6、u8 制造。

3. 螺杆上无螺纹部分直径（d_s）末端倒角 45°，根据制造工艺要求，允许制成大于 45°，小于 1.5P 的颈部。

表 8-36　地脚螺栓（摘自 GB/T 799—1988）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 d = M20，公称长度 l = 400mm，性能等级为 3.6 级，不经表面处理的地脚螺栓的标记：

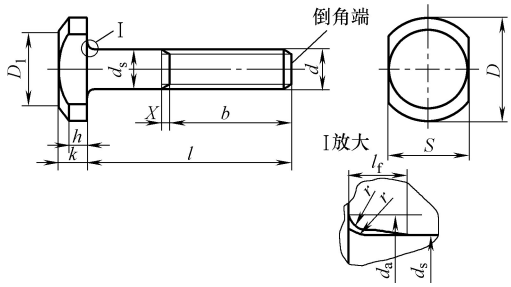
螺栓　GB/T 799—1988　M20 × 400

螺纹规格 d			M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
b	max		27	31	36	40	50	58	68	80	94	106	118
	min		24	28	32	36	44	52	60	72	84	96	108
D			10	10	15	20	20	30	30	45	60	60	70
h			41	46	65	82	93	127	139	192	244	261	302
l_1			$l+37$	$l+37$	$l+53$	$l+72$	$l+72$	$l+110$	$l+110$	$l+165$	$l+217$	$l+217$	$l+255$
X max			2.5	3.2	3.8	4.2	5	6.3	7.5	8.8	10	11.3	12.5
l													
公称	min	max											
80	72	88											
120	112	128											
160	152	168											
220	212	228				商							
300	292	308					品						
400	392	408						规					
500	488	512							格				
600	618	642								范			
800	788	812									围		
1000	988	912											
1250	1238	1262											

材料		钢
螺纹	公差	8g
	标准	GB/T 196—2003、GB/T 197—2003
机械性能	等级	$d<39$；3.6；$d>39$：按协议
	标准	GB/T 3098.1—2010
公差	产品等级	除 GB/T 799—1988 中第 3 章规定外，其余按 C 级
	标准	GB/T 3103.1—2010
表面处理		①不经处理；②氧化；③镀锌钝化　GB/T 5267.1—2002
验收及包装		GB/T 90

注：由于结构的原因，地脚螺栓不进行楔负载及头杆结合强度试验。

表 8-37　T 形槽用螺栓（摘自 GB/T 37—1988）　　（mm）

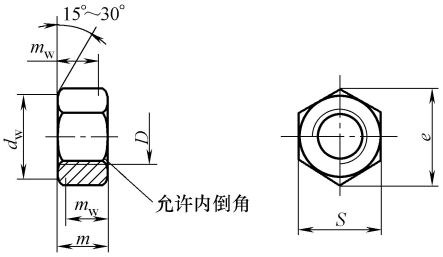


（续）

螺纹规格 d		M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
b	$l \leqslant 125$	16	18	22	26	30	38	46	54	66	78	—	—
	$125 < l \leqslant 200$	—	—	28	32	36	44	52	60	72	84	96	108
	$l > 200$	—	—	—	—	—	57	65	73	85	97	109	121
d_a	max	5.7	6.8	9.2	11.2	13.7	17.7	22.4	26.4	33.4	39.4	45.6	52.6
d_s	max	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
	min	4.70	5.70	7.64	9.64	11.57	15.57	19.48	23.48	29.48	35.38	41.38	47.38
D		12	16	20	25	30	38	46	58	75	85	95	105
l_f	max	1.2	1.4	2	2	3	3	4	4	6	6	8	10
k	max	4.24	5.24	6.24	7.29	8.89	11.95	14.35	16.35	20.42	24.42	28.42	32.50
	min	3.76	4.76	5.76	6.71	8.31	11.25	13.65	15.65	19.58	23.58	27.58	31.50
r	min	0.20	0.25	0.40	0.40	0.60	0.60	0.80	0.80	1.00	1.00	1.20	1.60
h		2.8	3.4	4.1	4.8	6.5	9	10.4	11.8	14.5	18.5	22.0	26.0
S	公称	9	12	14	18	22	28	34	44	56	67	76	86
	min	8.64	11.57	13.57	17.57	21.16	27.16	33.00	43.00	54.80	65.10	74.10	83.80
	max	9.00	12.00	14.00	18.00	22.00	28.00	34.00	44.00	56.00	67.00	76.00	86.00
x	max	2.0	2.5	3.2	3.8	4.2	5	6.3	7.5	8.8	10	11.3	12.5
l		25 ~ 50	30 ~ 60	35 ~ 80	40 ~ 100	45 ~ 120	55 ~ 160	65 ~ 200	80 ~ 240	90 ~ 300	110 ~ 300	130 ~ 300	140 ~ 300

2. 螺母（见表 8-38 ~ 表 8-53）

表 8-38　六角螺母　C 级（GB/T 41—2000）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M12，性能等级为 5 级，不经表面处理，C 级的 1 型六角螺母的标记：

螺母　GB/T 41—2000　M12

优选的螺纹规格

螺纹规格 D		M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
P①		0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5
d_w	min	6.7	8.7	11.5	14.5	16.5	22	27.7
e	min	8.63	10.89	14.20	17.59	19.85	26.17	32.95
m	max	5.6	6.4	7.9	9.5	12.2	15.9	19
	min	4.4	4.9	6.4	8	10.4	14.1	16.9
m_w	min	3.5	3.7	5.1	6.4	8.3	11.3	13.5
S	公称 = max	8	10	13	16	18	24	30
	min	7.64	9.64	12.57	15.57	17.57	23.16	29.16

螺纹规格 D		M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
P①		3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
d_w	min	33.3	42.8	51.1	60	69.5	78.7	88.2
e	min	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6	93.56	104.86
m	max	22.3	26.4	31.9	34.9	38.9	45.9	52.4
	min	20.2	24.3	29.4	32.4	36.4	43.4	49.4
m_w	min	16.2	19.4	23.2	25.9	29.1	34.7	39.5
S	公称 = max	36	46	55	65	75	85	95
	min	35	45	53.8	63.1	73.1	82.8	92.8

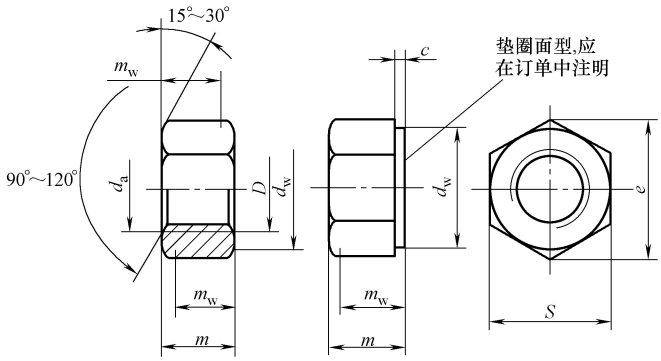
（续）

非优选的螺纹规格										
螺纹规格 D		M14	M18	M22	M27	M33	M39	M45	M52	M60
P①		2	2.5	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
d_w	min	19.2	24.9	31.4	38	46.6	55.9	64.7	74.2	83.4
e	min	22.78	29.56	37.29	45.2	55.37	66.44	76.95	88.25	99.21
m	max	13.9	16.9	20.2	24.7	29.5	34.3	36.9	42.9	48.9
	min	12.1	15.1	18.1	22.6	27.4	31.8	34.4	40.4	46.4
m_w	min	9.7	12.1	14.5	18.1	21.9	25.4	27.5	32.3	37.1
S	公称 = max	21	27	34	41	50	60	70	80	90
	min	20.16	26.16	33	40	49	58.8	68.1	78.1	87.8

技术条件和引用标准		
材料		钢
通用技术条件		GB/T 16938
螺纹	公差	7H
	标准	GB/T 196、GB/T 197
机械性能	等级	$D \leqslant$ M16：5 M16 < $D \leqslant$ M39：4、5 $D >$ M39：按协议
	标准	$d \leqslant$ M39：GB/T 3098.2 $d >$ M39：按协议
公差	产品等级	C
	标准	GB/T 3103.1
表面处理		不经处理 电镀技术要求按 GB/T 5267 非电解锌粉覆盖层技术要求按 ISO 10683 如需其他表面镀层或表面处理，应由供需双方协议
验收及包装		GB/T 90

① P—螺距。

表 8-39　1 型六角螺母（GB/T 6170—2000）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M12，性能等级为 8 级，不经表面处理，产品等级为 A 级的 1 型六角螺母的标记：

螺母 GB/T 6170　M12

（续）

优选的螺纹规格

螺纹规格 D		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
P①		0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75
c	max	0.2	0.2	0.3	0.40	0.40	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60
	min	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
d_a	max	1.84	2.3	2.9	3.45	4.6	5.75	6.75	8.75	10.8	13
	min	1.60	2.0	2.5	3.00	4.0	5.00	6.00	8.00	10.0	12
d_w	min	2.4	3.1	4.1	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6	16.6
e	min	3.41	4.32	5.45	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03
m	max	1.30	1.60	2.00	2.40	3.2	4.7	5.2	6.80	8.40	10.80
	min	1.05	1.35	1.75	2.15	2.9	4.4	4.9	6.44	8.04	10.37
m_w	min	0.8	1.1	1.4	1.7	2.3	3.5	3.9	5.2	6.4	8.3
S	公称 = max	3.20	4.00	5.00	5.50	7.00	8.00	10.00	13.00	16.00	18.00
	min	3.02	3.82	4.82	5.32	6.78	7.78	9.78	12.73	15.73	17.73

螺纹规格 D		M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
P①		2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
c	max	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
	min	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
d_a	max	17.3	21.6	25.9	32.4	38.9	45.4	51.8	60.5	69.1
	min	16.0	20.0	24.0	30.0	36.0	42.0	48.0	56.0	64.0
d_w	min	22.5	27.7	33.3	42.8	51.1	60	69.5	78.7	88.2
e	min	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6	93.56	104.86
m	max	14.8	18.0	21.5	25.6	31.0	34.0	38.0	45.0	51.0
	min	14.1	16.9	20.2	24.3	29.4	32.4	36.4	43.4	49.1
m_w	min	11.3	13.5	16.2	19.4	23.5	25.9	29.1	34.7	39.3
S	公称 = max	24.00	30.00	36	46	55.0	65.0	75.0	85.0	95.0
	min	23.67	29.16	35	45	53.8	63.1	73.1	82.8	92.8

非优选的螺纹规格

螺纹规格 D		M3.5	M14	M18	M22	M27	M33	M39	M45	M52	M60
P①		0.6	2	2.5	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
c	max	0.40	0.60	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
	min	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
d_a	max	4.0	15.1	19.5	23.7	29.1	35.6	42.1	48.6	56.2	64.8
	min	3.5	14.0	18.0	22.0	27.0	33.0	39.0	45.0	52.0	60.0
d_w	min	5	19.6	24.9	31.4	38	46.6	55.9	64.7	74.2	83.4
e	min	6.58	23.36	29.56	37.29	45.2	55.37	66.44	76.95	88.25	99.21
m	max	2.80	12.8	15.8	19.4	23.8	28.7	33.4	36.0	42.0	48.0
	min	2.55	12.1	15.1	18.1	22.5	27.4	31.8	34.4	40.4	46.4
m_w	min	2	9.7	12.1	14.5	18	21.9	25.4	27.5	32.3	37.1
S	公称 = max	6.00	21.00	27.00	34	41	50	60.0	70.0	80.0	90.0
	min	5.82	20.67	26.16	33	40	49	58.8	68.1	78.1	87.8

技术条件和引用标准

材料		钢	不锈钢	有色金属
通用技术条件		GB/T 16938		
螺纹	公差	6H		
	标准	GB/T 196、GB/T 197		
机械性能	等级	D < M3：按协议 M3 ≤ D ≤ M39：6、8、10 D > M39：按协议	D ≤ M24：A2-70、A4-70 M24 < D ≤ M39：A2-50、A4-50 D > M39：按协议	CU2、CU3、AL4
	标准	M3 ≤ D ≤ M39：GB/T 3098.2 D < M3 和 D > M39：按协议	D ≤ M39：GB/T 3098.15 D > M39：按协议	GB/T 3098.10

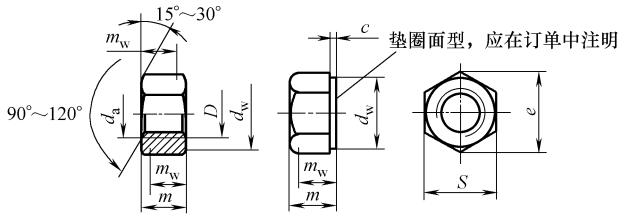
（续）

技术条件和引用标准				
材料		钢	不锈钢	有色金属
公差	产品等级	$D \leqslant 16$mm：A；$D > 16$mm：B		
	标准	GB/T 3103.1		
表面缺陷		GB/T 5779.2		
表面处理		不经处理	简单处理	简单处理
		电镀技术要求按 GB/T 5267。 非电解锌粉覆盖层技术要求按 ISO 10683。 如需其他表面镀层或表面处理，应由供需双方协议		
验收及包装		GB/T 90		

注：本标准规定了螺纹规格为 M1.6～M64、性能等级为 6、8、10、A2-50、A2-70、A4-50、A4-70、CU2、CU3 和 AL4 级、产品等级为 A 级和 B 级的 1 型六角螺母。A 级用于 $D \leqslant 16$mm；B 级用于 $D > 16$mm 的螺母。

① P—螺距。

表 8-40　1 型六角螺母　细牙（GB/T 6171—2000）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M16 × 1.5，细牙螺纹，性能等级为 8 级，表面镀锌钝化，产品等级为 A 级的 1 型六角螺母的标记：螺母 GB/T 6171—2000　M16 × 1.5

优选的螺纹规格							
螺纹规格 $D \times P$		M8 × 1	M10 × 1	M12 × 1.5	M16 × 1.5	M20 × 1.5	M24 × 2
c	max	0.60	0.60	0.60	0.8	0.8	0.8
	min	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2
d_a	max	8.75	10.8	13	17.3	21.6	25.9
	min	8.00	10.0	12	16.0	20.0	24.0
d_w	min	11.63	14.63	16.63	22.49	27.7	33.25
e	min	14.38	17.77	20.03	26.75	32.95	39.55
m	max	6.80	8.40	10.80	14.8	18.0	21.5
	min	6.44	8.04	10.37	14.1	16.9	20.2
m_w	min	5.15	6.43	8.3	11.28	13.52	16.16
S	公称 = max	13.00	16.00	18.00	24.00	30.00	36
	min	12.73	15.73	17.73	23.67	29.16	35
螺纹规格 $D \times P$		M30 × 2	M36 × 3	M42 × 3	M48 × 3	M56 × 4	M64 × 4
c	max	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
	min	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
d_a	max	32.4	38.9	45.4	51.8	60.5	69.1
	min	30.0	36.0	42.0	48.0	56.0	64.0
d_w	min	42.75	51.11	59.95	69.45	78.66	88.16
e	min	50.85	60.79	71.3	82.6	93.56	104.86
m	max	25.6	31.0	34.0	38.0	45.0	51.0
	min	24.3	29.4	32.4	36.4	43.4	49.1
m_w	min	19.44	23.52	25.92	29.12	34.72	39.28
S	公称 = max	46	55.0	65.0	75.0	85.0	95.0
	min	45	53.8	63.1	73.1	82.8	92.8

（续）

非优选的螺纹规格

螺纹规格 $D \times P$		M10 × 1.25	M12 × 1.25	M14 × 1.5	M18 × 1.5	M20 × 2	M22 × 1.5
c	max	0.60	0.60	0.60	0.8	0.8	0.8
	min	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2
d_a	max	10.8	13	15.1	19.5	21.6	23.7
	min	10.0	12	14.0	18.0	20.0	22.0
d_w	min	14.63	16.63	19.64	24.85	27.7	31.35
e	min	17.77	20.03	23.36	29.56	32.95	37.29
m	max	8.40	10.80	12.8	15.8	18.0	19.4
	min	8.04	10.37	12.1	15.1	16.9	18.1
m_w	min	6.43	8.3	9.68	12.08	13.52	14.48
S	公称 = max	16.00	18.00	21.00	27.00	30.00	34
	min	15.73	17.73	20.67	26.16	29.16	33

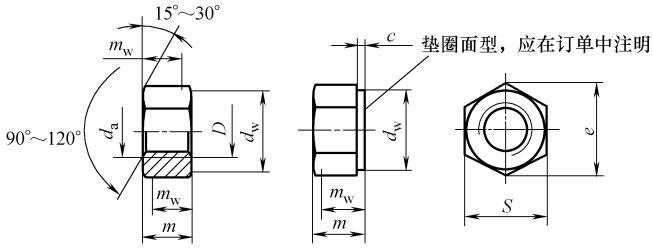
螺纹规格 $D \times P$		M27 × 2	M33 × 2	M39 × 3	M45 × 3	M52 × 4	M60 × 4
c	max	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
	min	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
d_a	max	29.1	35.6	42.1	48.6	56.2	64.8
	min	27.0	33.0	39.0	45.0	52.0	60.0
d_w	min	38	46.55	55.86	64.7	74.2	83.41
e	min	45.2	55.37	66.44	76.95	88.25	99.21
m	max	23.8	28.7	33.4	36.0	42.0	48.0
	min	22.5	27.4	31.8	34.4	40.4	46.4
m_w	min	18	21.92	25.44	27.52	32.32	37.12
S	公称 = max	41	50	60.0	70.0	80.0	90.0
	min	40	49	58.8	68.1	78.1	87.8

技术条件和引用标准

材料		钢	不锈钢	有色金属
通用技术条件		GB/T 16938		
螺纹	公差	6H		
	标准	GB/T 196、GB/T 197		
机械性能	等级	$D \leqslant$ M39：6、8 $D \leqslant$ M16：10 $D >$ M39：按协议	$D \leqslant$ M24：A2-70、A4-70 M24 < $D \leqslant$ M39：A2-50、A4-50 $D >$ M39：按协议	CU2、CU3、AL4
	标准	$D \leqslant$ M39：GB/T 3098.4 $D >$ M39：按协议	$D \leqslant$ M39：GB/T 3098.15 $D >$ M39：按协议	参照 GB/T 3098.10 由供需双方协议
公差	产品等级	$D \leqslant$ 16mm：A；$D >$ 16mm：B		
	标准	GB/T 3103.1		
表面缺陷		GB/T 5779.2		
表面处理		不经处理	简单处理	简单处理
		电镀技术要求按 GB/T 5267 非电解锌粉覆盖层技术要求按 ISO 10683 如需其他表面镀层或表面处理，应由供需双方协议		
验收及包装		GB/T 90		

注：本标准规定了螺纹规格为 M8 × 1 ~ M64 × 4、细牙螺纹、性能等级为 6、8、10、A2-50、A2-70、A4-50、A4-70、CU2、CU3 和 AL4 级、产品等级为 A 和 B 级的 1 型六角螺母。A 级用于 $D \leqslant$ 16mm；B 级用于 $D >$ 16mm 的螺母。

表 8-41　2 型六角螺母（GB/T 6175—2000）　（mm）



尺寸							
螺纹规格 D		M5	M6	M8	M10	M12	(M14)①
P②		0.8	1	1.25	1.5	1.75	2
c	max	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
d_a	max	5.75	6.75	8.75	10.8	13	15.1
	min	5.00	6.00	8.00	10.0	12	14.0
d_w	min	6.9	8.9	11.6	14.6	16.6	19.6
e	min	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	23.36
m	max	5.1	5.7	7.5	9.3	12.00	14.1
	min	4.8	5.4	7.14	8.94	11.57	13.4
m_w	min	3.84	4.32	5.71	7.15	9.26	10.7
S	max	8.00	10.00	13.00	16.00	18.00	21.00
	min	7.78	9.78	12.73	15.73	17.73	20.67

螺纹规格 D		M16	M20	M24	M30	M36
P②		2	2.5	3	3.5	4
c	max	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
d_a	max	17.3	21.6	25.9	32.4	38.9
	min	16.0	20.0	24.0	30.0	36.0
d_w	min	22.5	27.7	33.2	42.7	51.1
e	min	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79
m	max	16.4	20.3	23.9	28.6	34.7
	min	15.7	19.0	22.6	27.3	33.1
m_w	min	12.6	15.2	18.1	21.8	26.5
S	max	24.00	30.00	36	46	55.0
	min	23.67	29.16	35	45	53.8

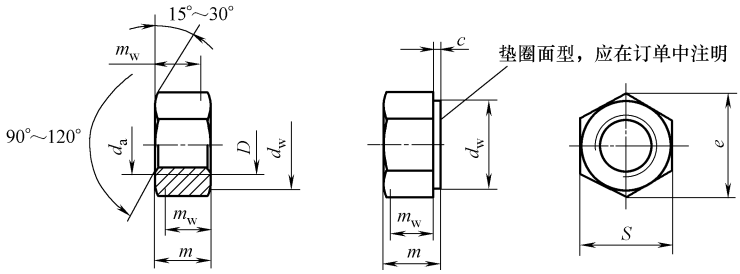
技术条件和引用标准		
材料		钢
通用技术条件		GB/T 16938
螺纹	公差	6H
	标准	GB/T 196、GB/T 197
机械性能	等级	9、12
	标准	GB/T 3098.2
公差	产品等级	$D \leqslant 16$mm：A；$D > 16$mm：B
	标准	GB/T 3103.1
表面缺陷		GB/T 5779.2
表面处理		氧化 电镀技术要求按 GB/T 5267 非电解锌粉覆盖层技术要求按 ISO 10683 如需其他表面镀层或表面处理，应由供需双方协议
验收及包装		GB/T 90

注：本标准规定了螺纹规格为 M5～M36、性能等级为 9 和 12 级、产品等级为 A 和 B 级的 2 型六角螺母。A 级用于 $D \leqslant 16$mm；B 级用于 $D > 16$mm 的螺母。

① 尽可能不采用括号内的规格。

② P—螺距。

表 8-42　2 型六角螺母　细牙（GB/T 6176—2000）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M16 × 1.5，细牙螺纹，性能等级为 10 级，表面氧化，产品等级为 A 级的 2 型六角螺母的标记：螺母　GB/T 6176　M16 × 1.5

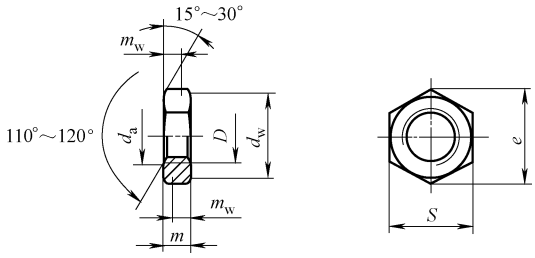
优选的螺纹规格									
螺纹规格　$D \times P$		M8 × 1	M10 × 1	M12 × 1.5	M16 × 1.5	M20 × 1.5	M24 × 2	M30 × 2	M36 × 3
c	max	0.60	0.60	0.60	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	min	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
d_a	max	8.75	10.8	13	17.3	21.6	25.9	32.4	38.9
	min	8.00	10.0	12	16.0	20.0	24.0	30.0	36.0
d_w　min		11.63	14.63	16.63	22.49	27.7	33.25	42.75	51.11
e　min		14.38	17.77	20.03	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79
m	max	7.50	9.30	12.00	16.4	20.3	23.9	28.6	34.7
	min	7.14	8.94	11.57	15.7	19.0	22.6	27.3	33.1
m_w　min		5.71	7.15	9.26	12.56	15.2	18.08	21.84	26.48
S	公称 = max	13.00	16.00	18.00	24.00	30.00	36	46	55.0
	min	12.73	15.73	17.73	23.67	29.16	35	45	53.8

非优选的螺纹规格									
螺纹规格　$D \times P$		M10 × 1.25	M12 × 1.25	M14 × 1.5	M18 × 1.5	M20 × 2	M22 × 1.5	M27 × 2	M33 × 2
c	max	0.60	0.60	0.60	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	min	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
d_a	max	10.8	12	15.1	19.5	21.6	23.7	29.1	35.6
	min	10.0	13	14.0	18.0	20.0	22.0	27.0	33.0
d_w　min		14.63	16.63	19.64	24.85	27.7	31.35	38	46.55
e　min		17.77	20.03	23.36	29.56	32.95	37.29	45.2	55.37
m	max	9.30	12.00	14.1	17.6	20.3	21.8	26.7	32.5
	min	8.94	11.57	13.4	16.9	19.0	20.5	25.4	30.9
m_w　min		7.15	9.26	10.72	13.52	15.2	16.4	20.32	24.72
S	公称 = max	16.00	18.00	21.00	27.00	30.00	34	41	50
	min	15.73	17.73	20.67	26.16	29.16	33	40	49

技术条件和引用标准		
材料		钢
通用技术条件		GB/T 16938
螺纹	公差	6H
	标准	GB/T 196、GB/T 197
机械性能	等级	$D \leqslant$ M16：8、12；$D \leqslant$ M39：10
	标准	GB/T 3098.4
公差	产品等级	$D \leqslant$ 16mm：A；$D >$ 16mm：B
	标准	GB/T 3103.1
表面缺陷		GB/T 5779.2
表面处理		氧化 电镀技术要求按 GB/T 5267 非电解锌粉覆盖层技术要求按 ISO 10683 如需其他表面镀层或表面处理，应由供需双方协议
验收及包装		GB/T 90

注：本标准规定了螺纹规格为 M8 × 1 ~ M36 × 3、细牙螺纹、性能等级为 8、10 和 12、产品等级为 A 和 B 级的 2 型六角螺母。A 级用于 $D \leqslant$ 16mm；B 级用于 $D >$ 16mm 的螺母。

表 8-43　六角薄螺母（GB/T 6172.1—2000）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M12，性能等级为 04 级，不经表面处理，产品等级为 A 级的六角薄螺母的标记：

螺母　GB/T 6172.1—2000　M12

优选的螺纹规格

螺纹规格 D		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
P①		0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75
d_a	min	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
	max	1.84	2.3	2.9	3.45	4.6	5.75	6.75	8.75	10.8	13
d_w	min	2.4	3.1	4.1	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6	16.6
e	min	3.41	4.32	5.45	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03
m	max	1	1.2	1.6	1.8	2.2	2.7	3.2	4	5	6
	min	0.75	0.95	1.35	1.55	1.95	2.45	2.9	3.7	4.7	5.7
m_w	min	0.6	0.8	1.1	1.2	1.6	2	2.3	3	3.8	4.6
S	公称 = max	3.2	4	5	5.5	7	8	10	13	16	18
	min	3.02	3.82	4.82	5.32	6.78	7.78	9.78	12.73	15.73	17.73

螺纹规格 D		M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
P①		2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
d_a	min	16	20	24	30	36	42	48	56	64
	max	17.3	21.6	25.9	32.4	38.9	45.4	51.8	60.5	69.1
d_w	min	22.5	27.7	33.2	42.8	51.1	60	69.5	78.7	88.2
e	min	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6	93.56	104.86
m	max	8	10	12	15	18	21	24	28	32
	min	7.42	9.10	10.9	13.9	16.9	19.7	22.7	26.7	30.4
m_w	min	5.9	7.3	8.7	11.1	13.5	15.8	18.2	21.4	24.3
S	公称 = max	24	30	36	46	55	65	75	85	95
	min	23.67	29.16	35	45	53.8	63.1	73.1	82.8	92.8

非优选的螺纹规格

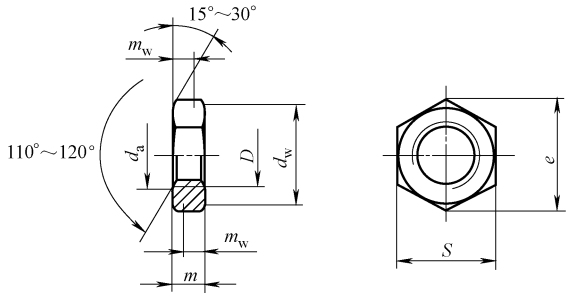
螺纹规格 D		M3.5	M14	M18	M22	M27	M33	M39	M45	M52	M60
P①		0.6	2	2.5	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
d_a	min	3.5	14	18	22	27	33	39	45	52	60
	max	4	15.1	19.5	23.7	29.1	35.6	42.1	48.6	56.2	64.8
d_w	min	5.1	19.6	24.9	31.4	38	46.6	55.9	64.7	74.2	83.4
e	min	6.58	23.35	29.56	37.29	45.2	55.37	66.44	76.95	88.25	99.21
m	max	2	7	9	11	13.5	16.5	19.5	22.5	26	30
	min	1.75	6.42	8.42	9.9	12.4	15.4	18.2	21.2	24.7	28.7
m_w	min	1.4	5.1	6.7	7.9	9.9	12.3	14.6	17	19.8	23
S	公称 = max	6	21	27	34	41	50	60	70	80	90
	min	5.82	20.67	26.16	33	40	49	58.8	68.1	78.1	87.8

（续）

技术条件和引用标准				
材料		钢	不锈钢	有色金属
通用技术条件		GB/T 16938		
螺纹	公差	6H		
	标准	GB/T 196、GB/T 197		
机械性能	等级	$D<$M3：按协议 M3≤D≤M39：04、05 $D>$M39：按协议	D≤M24：A2-035、A4-035 M24 $<D$≤M39：A2-035、A4-025 $D>$M39：按协议	CU2、CU3、AL4
	标准	$D<$M3：GB/T 3098.3 M3≤D≤M39：GB/T 3098.2 $D>$M39：按协议	D≤M39：GB/T 3098.15 $D>$M39：按协议	参照 GB/T 3098.10 由供需双方协议
公差	产品等级	D≤16mm：A；$D>$16mm：B		
	标准	GB/T 3103.1		
表面缺陷		GB/T 5779.2		
表面处理		不经处理	简单处理	简单处理
		电镀技术要求按 GB/T 5267 非电解锌粉覆盖层技术要求按 ISO 10683 如需其他表面镀层或表面处理，应由供需双方协议		
验收及包装		GB/T 90		

① P—螺距。

表 8-44　六角薄螺母细牙（GB/T 6173—2000）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M16 × 1.5，细牙螺纹，性能等级为 5 级，不经表面处理，产品等级为 A 级倒角的六角薄螺母的标记：

螺母　GB/T 6173—2000　M16 × 1.5

优选的螺纹规格							
螺纹规格 $D\times P$		M8 × 1	M10 × 1	M12 × 1.5	M16 × 1.5	M20 × 1.5	M24 × 2
d_a	max	8.75	10.8	13	17.3	21.6	25.9
	min	8.00	10.0	12	16.0	20.0	24.0
d_w	min	11.63	14.63	16.63	22.49	27.7	33.25
e	min	14.38	17.77	20.03	26.75	32.95	39.55
m	max	4.0	5.0	6.0	8.00	10.0	12.0
	min	3.7	4.7	5.7	7.42	9.1	10.9
m_w	min	2.96	3.76	4.56	5.94	7.28	8.72
S	公称 = max	13.00	16.00	18.00	24.00	30.00	36
	min	12.73	15.73	17.73	23.67	29.16	35
螺纹规格 $D\times P$		M30 × 2	M36 × 3	M42 × 3	M48 × 3	M56 × 4	M64 × 4
d_a	max	32.4	38.9	45.4	51.8	60.5	69.1
	min	30.0	36.0	42.0	48.0	56.0	64.0
d_w	min	42.75	51.11	59.95	69.45	78.66	88.16

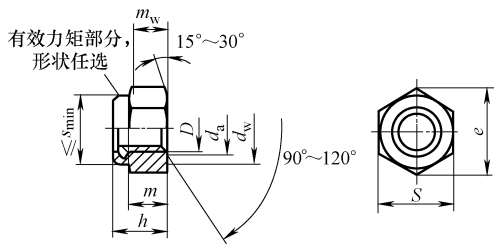
（续）

螺纹规格 $D \times P$		M30 × 2	M36 × 3	M42 × 3	M48 × 3	M56 × 4	M64 × 4
e	min	50.85	60.79	71.3	82.6	93.56	104.86
m	max	15.0	18.0	21.0	24.0	28.0	32.0
	min	13.9	16.9	19.7	22.7	26.7	30.4
m_w	min	11.12	13.52	15.76	18.16	21.36	24.32
S	公称 = max	46	55.0	65.0	75.0	85.0	95.0
	min	45	53.8	63.1	73.1	82.8	92.8

技术条件和引用标准

材料		钢	不锈钢	有色金属
通用技术条件		GB/T 16938		
螺纹	公差	6H		
	标准	GB/T 196、GB/T 197		
机械性能	等级	$D \leqslant$ M39：04、05 $D >$ M39：按协议	$D \leqslant$ M24：A2-035、A4-035 M24 < $D \leqslant$ M39：A2-025、A4-025 $D >$ M39：按协议	CU2、CU3、AI4
	标准	$D \leqslant$ M39：GB/T 3098.4 $D >$ M39：按协议	$D \leqslant$ M39：GB/T 3098.15 $D >$ M39：按协议	参照 GB/T 3098.10 由供需双方协议
公差	产品等级	$D \leqslant$ 16mm：A；$D >$ 16mm：B		
	标准	GB/T 3103.1		
表面缺陷		GB/T 5779.2		
表面处理		不经处理	简单处理	简单处理
		电镀技术要求按 GB/T 5267 非电解锌粉覆盖层技术要求按 ISO 10683 如需其他表面镀层或表面处理，应由供需双方协议		
验收及包装		GB/T 90		

表 8-45　1 型非金属嵌件六角锁紧螺母（GB/T 889.1—2000）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M12，性能等级为 8 级，表面镀锌钝化，产品等级为 A 级的 1 型非金属嵌件六角锁紧螺母的标记：

螺母　GB/T 889.1　M12

尺　寸

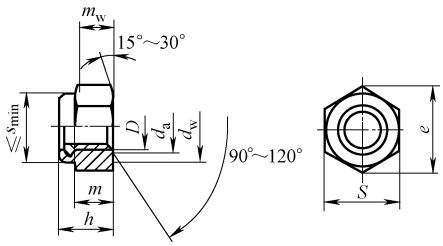
螺纹规格 D		M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	(M14)①	M16	M20	M24	M30	M36
P		0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2	2.5	3	3.5	4
d_a	max	3.45	4.6	5.75	6.75	8.75	10.8	13	15.1	17.3	21.6	25.9	32.4	38.9
	min	3.00	4.0	5.00	6.00	8.00	10.0	12	14.0	16.0	20.0	24.0	30.0	36.0
d_w	min	4.57	5.88	6.88	8.88	11.63	14.63	16.63	19.64	22.49	27.7	33.25	42.75	51.11
e	min	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	23.36	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79
h	max	4.5	6.00	6.80	8.00	9.50	11.9	14.9	17.0	19.1	22.8	27.1	32.6	38.9
	min	4.02	5.52	6.22	7.42	8.92	11.2	14.2	15.9	17.8	20.7	25.0	30.1	36.4
m	min	2.15	2.9	4.4	4.9	6.44	8.04	10.37	12.1	14.1	16.9	20.2	24.3	29.4
m_w	min	1.72	2.32	3.52	3.92	5.15	6.43	8.3	9.68	11.28	13.52	16.16	19.44	23.52
S	max	5.50	7.00	8.00	10.00	13.00	16.00	18.00	21.00	24.00	30.00	36	46	55.0
	min	5.32	6.78	7.78	9.78	12.73	15.73	17.73	20.67	23.67	29.16	35	45	53.8

（续）

技术条件和引用标准		
材料	螺母体	钢
	嵌件	推荐采用尼龙 66
通用技术条件		GB/T 16938
螺纹	公差	6H
	标准	GB/T 196、GB/T 197
机械性能	等级	5、8、10
	标准	GB/T 3098.9
公差	产品等级	A 级用于 $D \leqslant$ M16mm；B 级用于 $D >$ M16mm
	标准	GB/T 3103.1
表面处理		不经处理；电镀技术按 GB/T 5267.1；如有其他表面镀层或表面处理，由双方协商
表面缺陷		GB/T 5779.2
验收及包装		GB/T 90

① 尽可能不采用括号内的规格。

表 8-46　1 型非金属嵌件六角锁紧螺母　细牙（GB/T 889.2—2000）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M12 × 1.5，细牙螺纹，性能等级为 8 级，表面镀锌钝化，产品等级为 A 级的 1 型非金属嵌件六角锁紧螺母的标记：

螺母　GB/T 889.2　M12 × 1.5

尺　寸										
螺纹规格 $D \times P$		M8 × 1	M10 × 1 M10 × 1.25	M12 × 1.25 M12 × 1.5	(M14 × 1.5)①	M16 × 1.5	M20 × 1.5	M24 × 2	M30 × 2	M36 × 3
d_a	max	8.75	10.8	13	15.1	17.3	21.6	25.9	32.4	38.9
	min	8.00	10.0	12	14.0	16.0	20.0	24.0	30.0	36.0
d_w	min	11.63	14.63	16.63	19.64	22.49	27.7	33.25	42.75	51.11
e	min	14.38	17.77	20.03	23.36	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79
h	max	9.50	11.9	14.9	17.0	19.1	22.8	27.1	32.6	38.9
	min	8.92	11.2	14.2	15.9	17.8	20.7	25.0	30.1	36.4
m	min	6.44	8.04	10.37	12.1	14.1	16.9	20.2	24.3	29.4
m_w	min	5.15	6.43	8.3	9.68	11.28	13.52	16.16	19.44	23.52
S	max	13.00	16.00	18.00	21.00	24.00	30.00	36	46	55.0
	min	12.73	15.73	17.73	20.67	23.67	29.16	35	45	53.8

技术条件和引用标准				
材料	螺母体	钢		
	嵌件	推荐采用尼龙 66		
通用技术条件		GB/T 16938		
螺纹	公差	6H		
	标准	GB/T 196、GB/T 197		
机械性能	等级	6	8	10
		1 型	1 型	$D \leqslant$ 16mm② 1 型
	标准	参照 GB/T 3098.9 由供需双方协议		

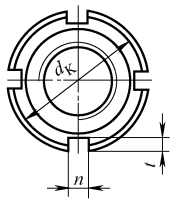
（续）

技术条件和引用标准		
公差	产品等级	$D \leqslant 16$mm：A；$D > 16$mm：B
	标准	GB/T 3103.1
表面缺陷		GB/T 5779.2
表面处理		不经处理 电镀技术要求按 GB/T 5267 如需其他表面镀层或表面处理，应由供需双方协议
验收及包装		GB/T 90

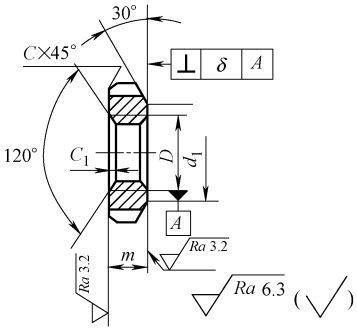
① 尽可能不采用括号内的规格。

② $D > 16$mm 的螺母，不规定 10 级。

表 8-47　圆螺母（GB/T 812—1988）　　（mm）



$D \leqslant$ M100×2　n(槽数)=4



$D \geqslant$ M105×2　n(槽数)=6

标记示例

螺纹规格 D = M16 × 1.5，材料为 45 钢，槽或全部热处理硬度 35 ~ 45HRC，表面氧化的圆螺母的标记：

螺母　GB/T 812　M16 × 1.5

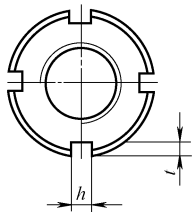
螺纹规格 $D \times P$	d_K	d_1	m	n max	n min	t max	t min	C	C_1
M10 × 1	22	16	8	4.3	4	2.6	2	0.5	0.5
M12 × 1.25	25	19							
M14 × 1.5	28	20							
M16 × 1.5	30	22		5.3	5	3.1	2.5		
M18 × 1.5	32	24							
M20 × 1.5	35	27							
M22 × 1.5	38	30	10						
M24 × 1.5	42	34						1	
M25 × 1.5①									
M27 × 1.5	45	37							
M30 × 1.5	48	40							
M33 × 1.5	52	43		6.3	6	3.6	3		
M35 × 1.5①									
M36 × 1.5	55	46							
M39 × 1.5	58	49						1.5	
M40 × 1.5①									
M42 × 1.5	62	53							
M45 × 1.5	68	59							
M48 × 1.5	72	61	12	8.36	8	4.25	3.5		
M50 × 1.5①									
M52 × 1.5	78	67							
M55 × 2									

（续）

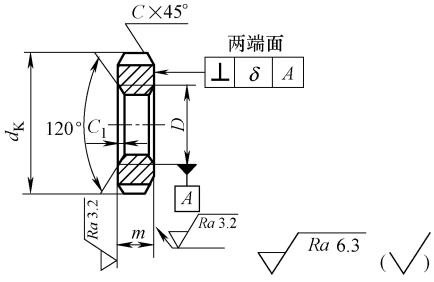
螺纹规格 $D\times P$	d_K	d_1	m	n max	n min	t max	t min	C	C_1
M56 ×2	85	74	12	8.36	8	4.25	3.5	1.5	1
M60 ×2	90	79							
M64 ×2	95	84							
M65 ×2①									
M68 ×2	100	88		10.36	10	4.75	4		
M72 ×2	105	93	15						
M75 ×2①									
M76 ×2	110	98							
M80 ×2	115	103							
M85 ×2	120	108							
M90 ×2	125	112	18	12.43	12	5.75	5		
M95 ×2	130	117							
M100 ×2	135	122							
M105 ×2	140	127							
M110 ×2	150	135		14.43	14	6.75	6		
M115 ×2	155	140	22						
M120 ×2	160	145							
M125 ×2	165	150							
M130 ×2	170	155							
M140 ×2	180	165	26						
M150 ×2	200	180		16.43	16	7.9	7		
M160 ×3	210	190						2	1.5
M170 ×3	220	200							
M180 ×3	230	210	30						
M190 ×3	240	220							
M200 ×3	250	230							

① 仅用于滚动轴承锁紧装置。

表 8-48　小圆螺母（GB/T 810—1988）　　（mm）



$D\leqslant$M100×2　n(槽数)=4



$D\geqslant$M105×2　n(槽数)=6

标记示例

螺纹规格 D = M16 × 1.5，材料为 45 钢，槽或全部热处理硬度 35 ~ 45HRC，表面氧化的圆螺母的标记：

螺母　GB/T 810—1988　M16 × 1.5

螺纹规格 $D\times P$		M10 × 1	M12 × 1.25	M14 × 1.5	M16 × 1.5	M18 × 1.5	M20 × 1.5	M22 × 1.5	M24 × 1.5	M27 × 1.5	M30 × 1.5	M33 × 1.5	M36 × 1.5	M39 × 1.5	M42 × 1.5
d_K		20	22	25	28	30	32	35	38	42	45	48	52	55	58
m		6						8							
h	max	4.3				5.30							6.30		
	min	4				5							6		
t	max	2.6				3.10							3.60		
	min	2				2.5							3		
C		0.5								1					
C_1		0.5													

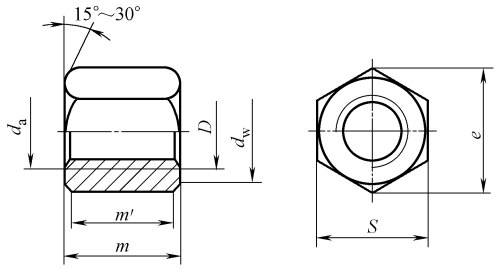
（续）

螺纹规格 $D\times P$		M45×1.5	M48×1.5	M52×1.5	M56×2	M60×2	M64×2	M68×2	M72×2	M76×2	M80×2	M85×2	M90×2	M95×2	M100×2
d_K		62	68	72	78	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
m		8	10						12						
h	max	6.3	8.36							10.36					12.43
	min	6	8							10					12
t	max	3.6	4.25							4.75					5.75
	min	3	3.5							4					5
C		1									1.5				
C_1		0.5	1												

螺纹规格 $D\times P$		M105×2	M110×2	M115×2	M120×2	M125×2	M130×2	M140×2	M150×2	M160×3	M170×3	M180×3	M190×3	M200×3
d_K		130	135	140	145	150	160	170	180	195	205	220	230	240
m		15						18				22		
h	max	12.43			14.43						16.43			
	min	12			14						16			
t	max	5.75			6.75						7.90			
	min	5			6						7			
C		1.5								2				
C_1		1								1.5				

技术条件和引用标准		
材料		45 钢（GB/T 699）
螺纹	公差	δH
	标准	GB/T 196、GB/T 197
垂直度	δ	按 GB 810 附表 3 中 9 级规定
	标准	GB/T 1184
热处理及表面处理		①槽部或全部热处理后 35～45HRC ②调质 24～30HRC ③氧化
验收及包装		GB/T 90

表 8-49　六角厚螺母（GB/T 56—1988）　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M20，性能等级为 5 级，不经表面处理的六角厚螺母的标记：

螺母　GB/T 56—1988　M20

螺纹规格 D		M16	（M18）	M20	（M22）	M24	（M27）	M30	M36	M42	M48
d_a	max	17.3	19.5	21.6	23.7	25.9	29.1	32.4	38.9	45.4	51.8
	min	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
d_w	min	22.5	24.8	27.7	31.4	33.2	38	42.7	51.1	60.6	69.4
e	min	26.17	29.56	32.95	37.29	39.55	45.2	50.85	60.79	72.09	82.6
m	max	25	28	32	35	38	42	48	55	65	75
	min	24.16	27.16	30.4	33.4	36.4	40.4	46.4	53.1	63.1	73.1

（续）

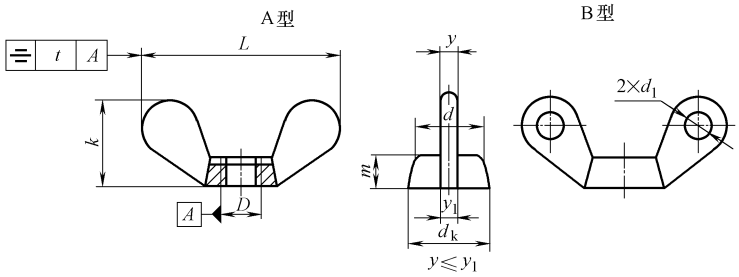
螺纹规格 D		M16	(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36	M42	M48
m'	min	19.33	21.73	24.32	26.72	29.12	32.32	37.12	42.48	50.48	58.48
S	max	24	27	30	34	36	41	46	55	65	75
	min	23.16	26.16	29.16	33	35	40	45	53.8	63.8	73.1

技术条件和引用标准

材料		钢
螺纹	公差	6H
	标准	GB 196、GB 197
机械性能	等级	5、8、10
	标准	GB 3098.2
公差	产品等级	B 级
	标准	GB 3103.1
表面处理		①不经处理 ②氧化
表面缺陷		GB 5779.2
验收及包装		GB 90

注：尽可能不采用括号内的规格。

表 8-50　蝶形螺母——圆翼（GB/T 62.1—2004）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M10，材料为 Q215，保证转矩为 Ⅰ 级，表面氧化处理，两翼为半圆形的 A 型蝶形螺母的标记：

螺母 GB/T 62.1—2004　M10

尺寸

螺纹规格 D	d_k min	d ≈	L		k		m min	y max	y_1 max	d_1 max	t max
M2	4	3	12	±1.5	6	±1.5	2	2.5	3	2	0.3
M2.5	5	4	16		8		3	2.5	3	2.5	0.3
M3	5	4	16		8		3	2.5	3	3	0.4
M4	7	6	20		10		4	3	4	4	0.4
M5	8.5	7	25		12		5	3.5	4.5	4	0.5
M6	10.5	9	32	±2	16		6	4	5	5	0.5
M8	14	12	40		20		8	4.5	5.5	6	0.6
M10	18	15	50		25		10	5.5	6.5	7	0.7
M12	22	18	60		30		12	7	8	8	1
(M14)	26	22	70		35	±2	14	8	9	9	1.1
M16	26	22	70		35		14	8	9	10	1.2
(M18)	30	25	80		40		16	8	10	10	1.4
M20	34	28	90	±2.5	45		18	9	11	11	1.5
(M22)	38	32	100		50		20	10	12	11	1.6
M24	43	36	112		56		22	11	13	12	1.8

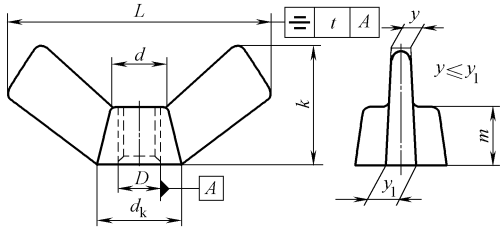
（续）

技术条件和引用标准				
		钢	不锈钢	有色金属
材料①		Q215、Q235 （GB/T 700） KT 30-6 （GB/T 978）	1Cr18Ni9 （GB/T 1220）	H62 （GB/T 5231）
螺纹	公差	7H		
	标准	GB/T 193、GB/T 9145		
保证扭矩	等级	Ⅰ级	Ⅰ级	Ⅱ级
	标准	GB/T 3098.20		
表面处理		氧化 电镀，技术要求按 GB/T 5267.1	简单处理	简单处理
验收及包装		GB/T 90.1、GB/T 90.2		

注：尽可能不采用括号内的规格。

① 材料牌号仅系推荐采用的，制造者可根据实际条件与经验选用其他材料牌号及技术条件。

表 8-51　蝶形螺母——方翼（GB/T 62.2—2004）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M10、材料为 Q215、保证扭矩为Ⅰ级、表面氧化处理、两翼为方形的 A 型蝶形螺母的标记：

螺母　GB/T 62.2—2004　M10

尺寸										
螺纹规格 D	d_k min	d ≈	L		k		m min	y max	y_1 max	t max
M3	6.5	4	17	±1.5	9	±1.5	3	3	4	0.4
M4	6.5	4	17		9		3	3	4	0.4
M5	8	6	21		11		4	3.5	4.5	0.5
M6	10	7	27		13		4.5	4	5	0.5
M8	13	10	31	±2	16		6	4.5	5.5	0.6
M10	16	12	36		18		7.5	5.5	6.5	0.7
M12	20	16	48		23		9	7	8	1
(M14)	20	16	48		23		9	7	8	1.1
M16	27	22	68		35	±2	12	8	9	1.2
(M18)	27	22	68		35		12	8	9	1.4
M20	27	22	68		35		12	8	9	1.5

技术条件和引用标准			
	钢、铁	不锈钢	有色金属
材料①	Q215、Q235 （GB/T 700） KT 30-6 （GB/T 978）	1Cr18Ni9 （GB/T 1220）	H62 （GB/T 5231）

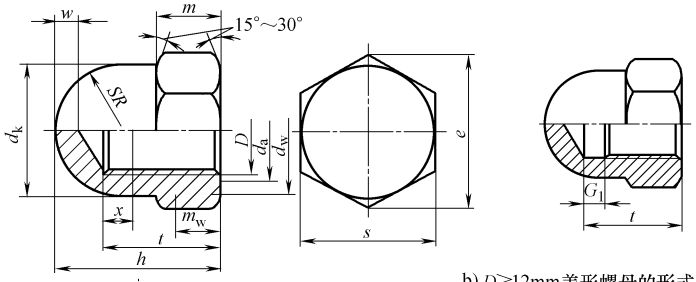
（续）

螺纹	公差	7H		
	标准	GB/T 193、GB/T 9145		
保证扭矩	等级	Ⅰ级	Ⅰ级	Ⅱ级
	标准	GB/T 3098.20		
表面处理		氧化 电镀，技术要求按 GB/T 5267.1	简单处理	简单处理
验收及包装		GB/T 90.1、GB/T 90.2		

注：尽可能不采用括号内的规格。

① 材料牌号仅系推荐采用的，制造者可根据实际条件与经验选用其他材料牌号及技术条件。

表 8-52　六角盖形螺母（GB/T 923—2009）　　（mm）



a) $D \leqslant 10$mm盖形螺母的形式与尺寸　　b) $D \geqslant 12$mm盖形螺母的形式与尺寸

注：其余尺寸见图a

标记示例

螺纹规格 D = M12、性能等级为 6 级、表面氧化处理的六角盖形螺母的标记：螺母　GB/T 923　M12

尺寸							
螺纹规格 D	第 1 系列	M4	M5	M6	M8	M10	M12
	第 2 系列	—	—	—	M8 × 1	M10 × 1	M12 × 1.5
	第 3 系列	—	—	—	—	M10 × 1.25	M12 × 1.25
P①		0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75
d_a	max	4.6	5.75	6.75	8.75	10.8	13
	min	4	5	6	8	10	12
d_k	max	6.5	7.5	9.5	12.5	15	17
d_w	min	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6	16.6
e	min	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03
x_{max}②	第 1 系列	1.4	1.6	2	2.5	3	—
	第 2 系列	—	—	—	2	2	—
	第 3 系列	—	—	—	—	2.5	—
G_{1max}③	第 1 系列	—	—	—	—	—	6.4
	第 2 系列	—	—	—	—	—	5.6
	第 3 系列	—	—	—	—	—	4.9
h	max = 公称	8	10	12	15	18	22
	min	7.64	9.64	11.57	14.57	17.57	21.48
m	max	3.2	4	5	6.5	8	10
	min	2.9	3.7	4.7	6.14	7.64	9.64
m_w	min	2.32	2.96	3.76	4.91	6.11	7.71
SR	≈	3.26	3.75	4.75	6.25	7.5	8.5
s	公称	7	8	10	13	16	18
	min	6.78	7.78	9.78	12.73	15.73	17.73
t	max	5.74	7.79	8.29	11.35	13.35	16.35
	min	5.26	7.21	7.71	10.65	12.65	15.65
w	min	2	2	2	2	2	3
每 1000 件钢螺母质量/kg（ρ = 7.85kg/dm^3）		④	④	4.56	11	20.1	28.3

（续）

螺纹规格 D	第 1 系列	（M14）	M16	（M18）	M20	（M22）	M24
	第 2 系列	（M14 ×1.5）	M16 ×1.5	（M18 ×1.5）	M20 ×2	（M22 ×1.5）	M24 ×2
	第 3 系列	—	—	（M18 ×2）	M20 ×1.5	（M22 ×2）	—
P①		2	2	2.5	2.5	2.5	3
d_a	max	15.1	17.3	19.5	21.6	23.7	25.9
	min	14	16	18	20	22	24
d_k	max	20	23	26	28	33	34
d_w	min	19.6	22.5	24.9	27.7	31.4	33.3
e	min	23.35	26.73	29.56	32.95	37.29	39.55
x_{max}②	第 1 系列	—	—	—	—	—	—
	第 2 系列	—	—	—	—	—	—
	第 3 系列	—	—	—	—	—	—
G_{1max}③	第 1 系列	7.3	7.3	9.3	9.3	9.3	10.7
	第 2 系列	5.6	5.6	5.6	7.3	5.6	7.3
	第 3 系列	—	—	7.3	5.6	7.3	—
h	max = 公称	25	28	32	34	39	42
	min	24.48	27.48	31	33	38	41
m	max	11	13	15	16	18	19
	min	10.3	12.3	14.3	14.9	16.9	17.7
m_w	min	8.24	9.84	11.44	11.92	13.52	14.16
SR	≈	10	11.5	13	14	16.5	17
s	公称	21	24	27	30	34	36
	min	20.67	23.67	26.16	29.16	33	35
t	max	18.35	21.42	25.42	26.42	29.42	31.5
	min	17.65	20.58	24.58	25.58	28.58	30.5
w	min	4	4	5	5	5	6
每 1000 件钢螺母质量/kg（ρ = 7.85kg/dm^3）		④	54.3	95	104	④	216

技术条件和引用标准

材料		钢	不锈钢	有色金属
通用技术条件		GB/T 16938		
螺纹	公差	6H		
	标准	GB/T 196、GB/T 197		
机械性能	等级⑤	6	A1-50	CU3 或 CU6⑥
	标准	GB/T 3098.2、GB/T 3098.4	GB/T 3098.15	GB/T 3098.10
公差	产品等级	D≤16mm：A；D > 16mm：B		
	标准	GB/T 3103.1		
表面处理		氧化 电镀技术要求按 GB/T 5267.1 非电解锌片涂层技术要求按 GB/T 5267.2 热浸镀锌技术要求按 GB/T 5267.3	简单处理	简单处理 电镀技术要求按 GB/T 5267.1
		如需其他表面处理，应由供需双方协议		
验收及包装		GB/T 90.1、GB/T 90.2		

注：尽可能不采用括号内的规格；按螺纹规格第 1 ~ 3 系列，依次优先选用。

① P—粗牙螺纹螺距，按 GB/T 197。

② 内螺纹的收尾 $x_{max} = 2P$，适用于 D≤M10。

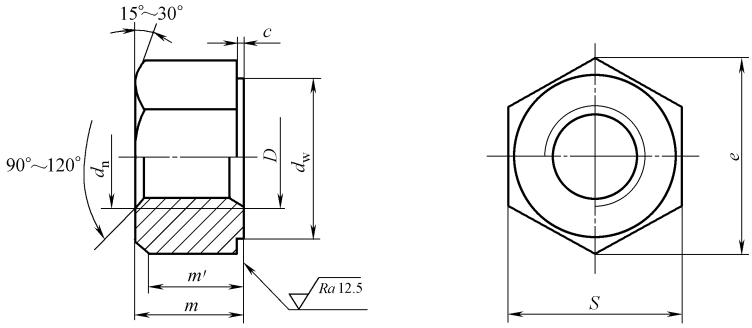
③ 内螺纹的退刀槽 G_{1max}，适用于 D > M10。

④ 目前尚无数据。

⑤ 其他性能等级或材料，由供需双方协议。

⑥ 由制造者选择。

表 8-53　钢结构用高强度大六角螺母（GB/T 1229—2006）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 D = M20，性能等级为 10H 级的钢结构用高强度大六角螺母的标记：

螺母　GB/T 1229　M20

螺纹规格 D = M20，性能等级为 8H 级的钢结构用高强度大六角螺母的标记：

螺母　GB/T 1229—2006　M20-8H

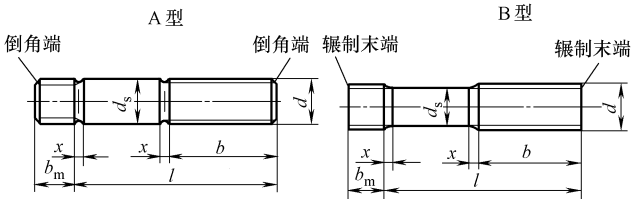
螺纹规格 D		M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30
P		1.75	2	2.5	2.5	3	3	3.5
d_n	max	13	17.3	21.6	23.8	25.9	29.1	32.4
	min	12	16	20	22	24	27	30
d_w	min	19.2	24.9	31.4	33.3	38.0	42.8	46.5
e	min	22.78	29.56	37.29	39.55	45.20	50.85	55.37
m	max	12.3	17.1	20.7	23.6	24.2	27.6	30.7
	min	11.87	16.4	19.4	22.3	22.9	26.3	29.1
m'	min	8.3	11.5	13.6	15.6	16.0	18.4	20.4
c	max	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	min	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
S	max	21	27	34	36	41	46	50
	min	20.16	26.16	33	35	40	45	49
支承面对螺纹轴线的垂直度公差		0.29	0.38	0.47	0.50	0.57	0.64	0.70
每 1000 个钢螺母的理论质量/kg		27.68	61.51	118.77	146.59	202.67	288.51	374.01

注：1. 括号内的规格为第二选择系列。

2. 技术条件按 GB/T 1231 规定。

3. 螺柱（见表 8-54、表 8-55）

表 8-54　双头螺柱 $b_m = 1d$（GB/T 897—1988）、**$b_m = 1.25d$**（GB/T 898—1988）、**$b_m = 1.5d$**（GB/T 899—1988）和 **$b_m = 2d$**（GB/T 900—1988）　　（mm）



标记示例

两端均为粗牙普通螺纹，d = 10mm，l = 50mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理，B 型，$b_m = 1d$ 的双头螺柱的标记：

螺柱 GB/T 897　M10 × 50

旋入机体一端为过渡配合螺纹的第一种配合，旋入螺母一端为粗牙普通螺纹，d = 10mm，l = 50mm，性能等级为 8.8 级，镀锌钝化，B 型，$b_m = 1d$ 的双头螺柱的标记：

螺柱　GB/T 897　GM10—M10 × 50—8.8—Zn · D

（续）

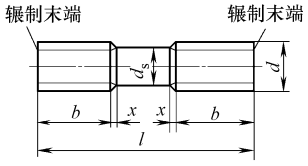
螺纹规格 d（6g）		M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16
b_m 公称	GB/T 897					5	6	8	10	12	14	16
	GB/T 898					6	8	10	12	15	18	20
	GB/T 899	3	3.5	4.5	6	8	10	12	15	18	21	24
	GB/T 900	4	5	6	8	10	12	16	20	24	28	32
x max		2.5P										
$\frac{l}{b}$① 长度范围		12～16/6	14～18/8	16～20/6	16～22/8	16～22/10	20～22/10	20～22/12	25～28/14	25～30/16	30～35/18	30～38/20
		18～25/10	20～30/11	22～40/12	25～40/14	25～50/16	25～30/14	25～30/16	30～38/16	32～40/20	38～45/25	40～55/30
							32～75/18	32～90/22	40～120/26	45～120/30	50～120/34	60～120/38
									130/32	130～180/36	130～180/40	130～200/44

螺纹规格 d（8g）		(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	(M33)	M36	(M39)	M42	M48
b_m 公称	GB/T 897	18	20	22	24	27	30	33	36	39	42	48
	GB/T 898	22	25	28	30	35	38	41	45	49	52	60
	GB/T 899	27	30	33	36	40	45	49	54	58	63	72
	GB/T 900	36	40	44	48	54	60	66	72	78	84	96
x max		2.5P										
$\frac{l}{b}$① 长度范围		35～40/22	35～40/25	40～45/30	45～50/30	50～60/35	60～65/40	65～70/45	65～75/45	70～80/50	70～80/50	80～90/60
		45～60/35	45～65/35	50～70/40	55～75/45	65～85/50	70～90/50	75～95/60	80～110/60	85～110/60	85～110/70	95～110/80
		65～120/42	70～120/46	75～120/50	80～120/54	90～120/60	95～120/66	100～120/72	120/78	120/84	120/90	120/102
		130～200/48	130～200/52	130～200/56	130～200/60	130～200/66	130～200/72	130～200/78	130～200/84	130～200/90	130～200/96	130～200/108
							210～250/85	210～300/91	210～300/97	210～300/103	210～300/109	210～300/121

注：1. 尽可能不采用括号内的规格。
2. 旋入机体端可以采用过渡或过盈配合螺纹：GB/T 897～899；GM、G2M；GB/T 900；GM、G3M、YM。
3. 旋入螺母端可以采用细牙螺纹。
4. 性能等级：钢—4.8、5.8、6.8、8.8、10.9、12.9；不锈钢—A2-50、A2-70。
5. 表面处理：钢—不经处理、氧化、镀锌钝化；不锈钢-不经处理。

① 长度系列（单位为 mm）为 12、(14)、16、(18)、20、(22)、25、(28)、30、(32)、35、(38)、40、45、50、(55)、60、(65)、70、75、80、85、90、95、100～260（10 进位）、280、300。

表 8-55　B 级等长双头螺柱（$b_m = 1.25d$）（GB/T 901—1988）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 d = M12，公称长度 l = 100mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理的 B 级等长双头螺柱的标记：

螺柱　GB/T 901　M12 × 100

螺纹规格 d（6g）	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16	(M18)
b	10	11	12	14	16	18	28	32	36	40	44	48
x max	1.5P											
l① 长度范围	10～60	10～80	12～250	16～300	20～300	25～300	32～300	40～300	50～300	60～300	60～300	60～300

（续）

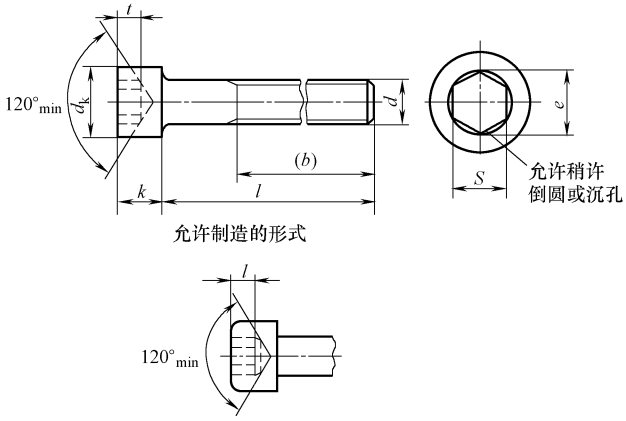
螺纹规格 d (8g)		M20	(M22)	M24	(M27)	M30	(M33)	M36	(M39)	M42	M48	M56
b		52	56	60	66	72	78	84	89	96	108	124
x max		1.5P										
l① 长度范围		70～300	80～300	90～300	100～300	120～400	140～400	140～500	140～500	140～500	150～500	190～500
性能等级	钢	4.8、5.8、6.8、8.8、10.9、12.9										
	不锈钢	A2-50、A2-70										
表面处理	钢	1)不经处理 2)镀锌钝化										
	不锈钢	不经处理										

注：尽可能不采用括号内的规格。

① 长度系列（单位为 mm）为 10、12、(14)、16、(18)、20、(22)、25、(28)、30、(32)、35、(38)、40、45、50、(55)、60、(65)、70、(75)、80、(85)、90、(95)、100～260（10 进位）、280、300、320、350、380、400、420、450、480、500。

4. 螺钉（见表 8-56～表 8-64）

表 8-56　内六角圆柱头螺钉（GB/T 70.1－2008）　　（mm）



标记示例

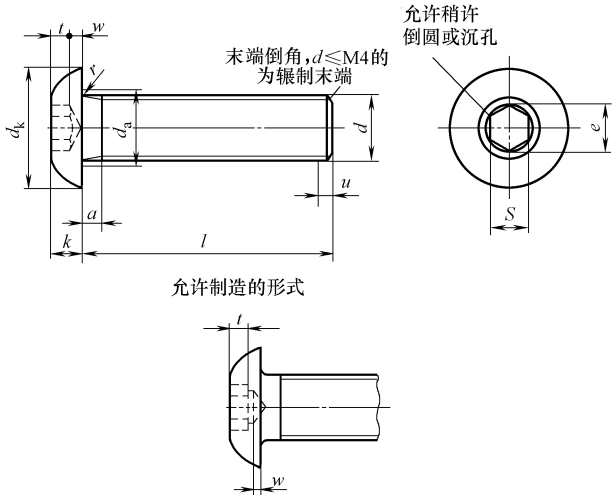
螺纹规格 d = M5，公称长度 l = 20mm；性能等级为 8.8 级，表面氧化的内六角圆柱头螺钉标记为：

螺钉　GB/T 70　M5×20

螺纹规格 d		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
b 参考		15	16	17	18	20	22	24	28	32	36
d_K max	光滑	3	3.8	4.5	5.5	7	8.5	10	13	16	18
	滚花	3.14	3.98	4.68	5.68	7.22	8.72	10.22	13.27	16.27	18.27
k max		1.6	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
e min		1.73		2.3	2.87	3.44	4.58	5.72	6.86	9.15	11.43
s 公称		1.5		2	2.5	3	4	5	6	8	10
t min		0.7	1	1.1	1.3	2	2.5	3	4	5	6
l① 长度范围		2.5～16	3～20	4～25	5～30	6～40	8～50	10～60	12～80	16～100	20～120
性能等级	钢	$d<3$：按协议；3mm≤d≤39mm：8.8，10.9，12.9；$d>39$：按协议									
	不锈钢	d≤24mm：A2-70；A4-70；24mm＜d≤39mm：A2-50，A4-50；$d>39$mm：按协议									
表面处理	钢	1)氧化　2)镀锌钝化									
	不锈钢	不经处理									

螺纹规格 d		(M14)	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
b 参考		40	44	52	60	72	84	96	106
d_K max	光滑	21	24	30	36	45	54	63	72
	滚花	21.33	24.33	30.33	36.39	45.39	54.46	63.46	72.46
k max		14	16	20	24	30	36	42	48
e min		13.72	16.00	19.44	21.73	25.15	30.85	36.57	41.13
S 公称		12	14	17	19	22	27	32	36
t min		7	8	10	12	15.5	19	24	28

表 8-57　内六角平圆头螺钉（GB/T 70.2—2008）



注：对切制内六角，当尺寸达到最大极限时，由于钻孔造成的过切不应超过内六角任何一面长度（t）的 20%。不完整螺纹的长度 $u \leqslant 2P$。

螺纹规格　d			M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16
P①			0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2
a	max		1.0	1.4	1.6	2	2.50	3.0	3.50	4
	min		0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2
d_a	max		3.6	4.7	5.7	6.8	9.2	11.2	14.2	18.2
d_k	max		5.7	7.60	9.50	10.50	14.00	17.50	21.00	28.00
	min		5.4	7.24	9.14	10.07	13.57	17.07	20.48	27.48
e②	min		2.3	2.87	3.44	4.58	5.72	6.86	9.15	11.43
k	max		1.65	2.20	2.75	3.3	4.4	5.5	6.60	8.80
	min		1.40	1.95	2.50	3.0	4.1	5.2	6.24	8.44
r	min		0.1	0.2	0.2	0.25	0.4	0.4	0.6	0.6
S③	公称		2	2.5	3	4	5	6	8	10
	max	④	2.045	2.56	3.071	4.084	5.084	6.095	8.115	10.115
		⑤	2.060	2.58	3.080	4.095	5.140	6.140	8.175	10.175
	min		2.020	2.52	3.020	4.020	5.020	6.020	8.025	10.025
t	min		1.04	1.3	1.56	2.08	2.6	3.12	4.16	5.2
w	min		0.2	0.3	0.38	0.74	1.05	1.45	1.63	2.25
l			6～12	8～16	10～30	10～30	10～40	16～40	16～50	20～50
性能等级			8.8，10.9，12.9							

① P—螺距。

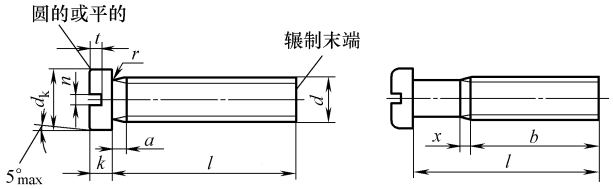
② $e_{min} = 1.14 s_{min}$。

③ S 应用综合测量方法进行检验。

④ 用于 12.9 级。

⑤ 用于其他性能等级。

表 8-58　开槽圆柱头螺钉（摘自 GB/T 65—2000）、**开槽盘柱头螺钉**（摘自 GB/T 67—2008）**开槽沉头螺钉**（摘自 GB/T 68—2000）、**开槽半沉头螺钉**（摘自 GB/T 69—2000）　（mm）



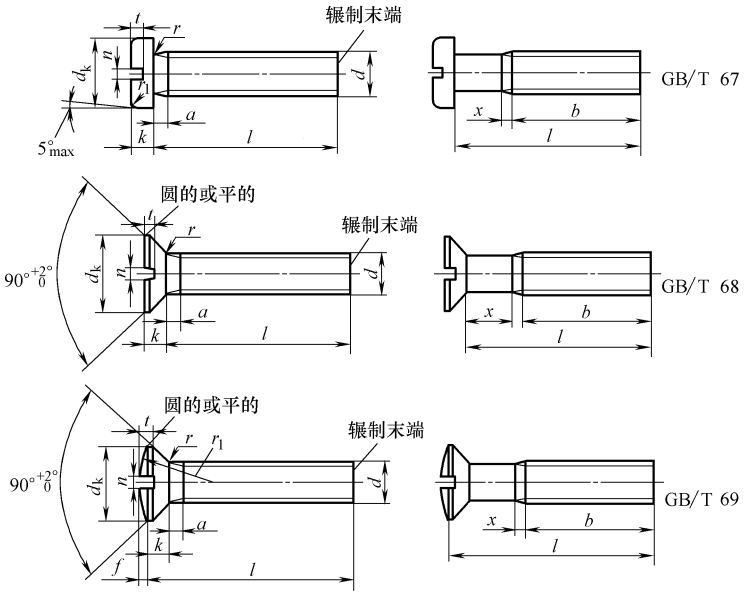
GB/T 65

标记示例

螺纹规格 d = M5，公称长度 l = 20mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理的开槽圆柱头螺钉标记为：

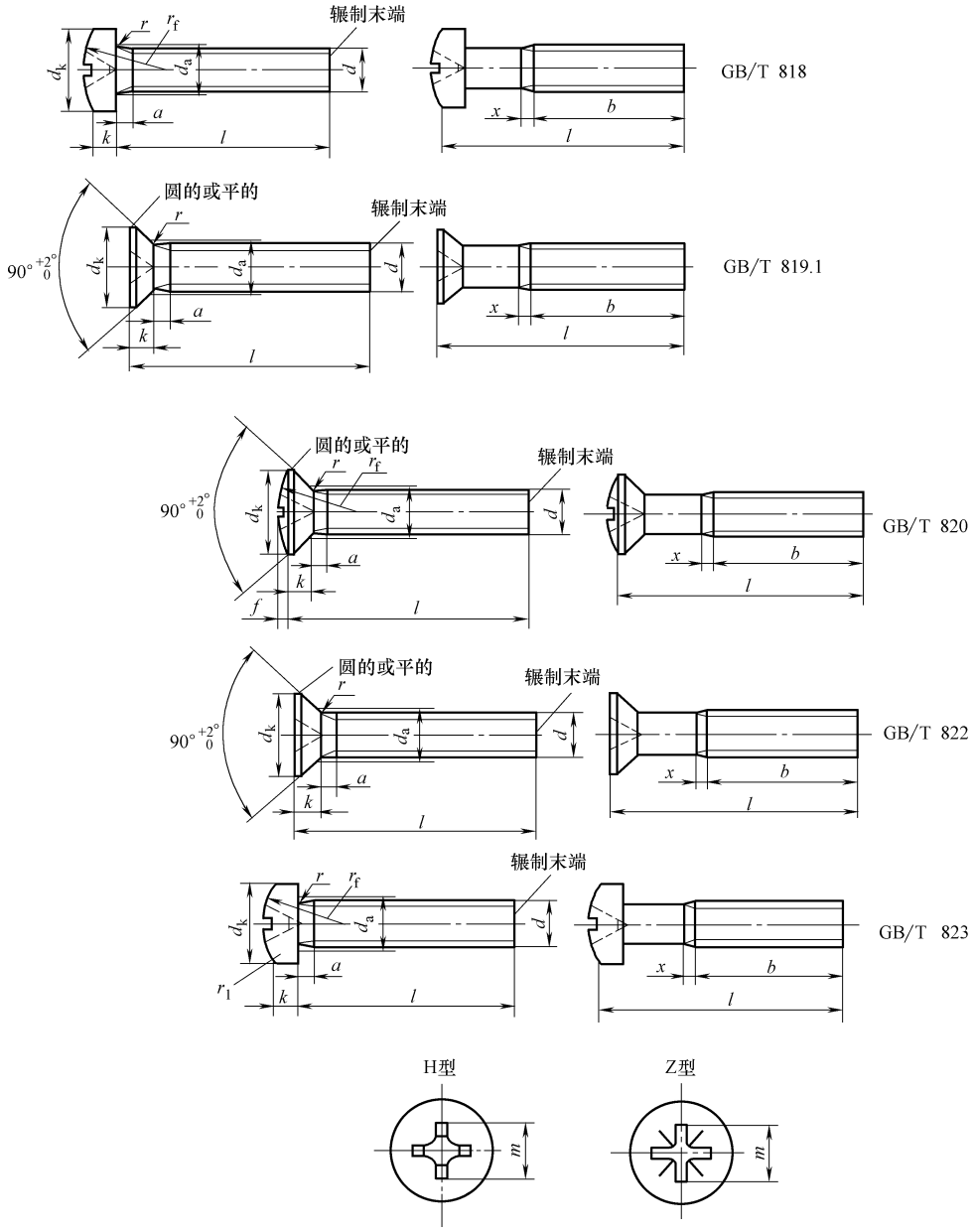
螺钉　GB/T 65—2000　M5×20

（续）



螺纹规格　d			M1.6	M2	M2.5	M3	(M3.5)	M4	M5	M6	M8	M10
a	max		0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1.6	2	2.5	3
b	min		25				38					
n	公称		0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.2	1.6	2	2.5
x	max		0.9	1	1.1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3.2	3.8
d_k	max	GB/T 65	3.00	3.80	4.50	5.50	6	7	8.5	10	13	16
		GB/T 67	3.2	4	5	5.6	7	8	9.5	12	16	20
		GB/T 68 GB/T 69	3	3.8	4.7	5.5	7.3	8.4	9.3	11.3	15.8	18.3
k	max	GB/T 65	1.10	1.40	1.80	2.00	2.4	2.6	3.3	3.9	5	6
		GB/T 67	1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	3	3.6	4.8	6
		GB/T 68 GB/T 69	1	1.2	1.5	1.65	2.35	2.7		3.3	4.65	5
t	min	GB/T 65	0.45	0.6	0.7	0.85	1	1.1	1.3	1.6	2	2.4
		GB/T 67	0.35	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.9	2.4
		GB/T 68	0.32	0.4	0.5	0.6	0.9	1	1.1	1.2	1.8	2
		GB/T 69	0.64	0.8	1	1.2	1.4	1.6	2	2.4	3.2	3.8
r	min	GB/T 65 GB/T 67	0.1					0.2		0.25	0.4	
r	max	GB/T 68 GB/T 69	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1	1.3	1.5	2	2.5
r_f	参考	GB/T 67	0.5	0.6	0.8	0.9	1	1.2	1.5	1.8	2.4	3
r_f	≈	GB/T 69	3	4	5	6		9.5	12	16.5	19.5	
w	min	GB/T 69	0.4	0.5	0.6	0.7		1	1.2	1.4	2	2.3
		GB/T 65	0.4	0.5	0.7	0.75	1	1.1	1.3	1.6	2	2.4
		GB/T 67	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.9	2.4
l 长度范围		GB/T 65	2～16	3～20	3～25	4～30	5～35	5～40	6～50	8～60	10～80	12～80
		GB/T 67	2～16	2.5～20	3～25	4～30	5～35	5～40	6～50	8～60	10～80	12～80

表 8-59　十字槽盘头螺钉（摘自 GB/T 818—2000）、**十字槽沉头螺钉**（摘自 GB/T 819.1—2000）**十字槽半沉头螺钉**（摘自 GB/T 820—2015）、**十字槽圆柱头螺钉**（摘自 GB/T 822—2015）**十字槽小盘头螺钉**（摘自 GB/T 823—1988）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 d = M5，公称长度 l = 20mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理的十字槽盘头螺钉标记为：

螺钉　GB/T 818—2000　M5 × 20

螺纹规格　d	M1.6	M2	M2.5	M3	(M3.5)	M4	M5	M6	M8	M10
a　max	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1.6	2	2.5	3
b　min	25				38					
d_a　max	2.0	2.6	3.1	3.6	4.1	4.7	5.7	6.8	9.2	11.2
x　max	0.9	1	1.1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3.2	3.8

（续）

螺纹规格 d				M1.6	M2	M2.5	M3	(M3.5)	M4	M5	M6	M8	M10
d_k max		GB/T 818		3.2	4	5	5.6	7	8	9.5	12	16	20
		GB/T 819.1 GB/T 820		3	3.8	4.7	5.5	7.3	8.4	9.3	11.3	15.8	18.3
		GB/T 822		—	—	4.5	5	6	7	8.5	10	13.0	—
		GB/T 823		—	3.5	4.5	5.5	6	7	9	10.5	14	—
k max		GB/T 818		1.3	1.6	2.1	2.4	2.6	3.1	3.7	4.6	6	7.5
		GB/T 819.1 GB/T 820		1	1.2	1.5	1.65	2.35	2.7		3.3	4.65	5
		GB/T 822		—	—	1.8	2.0	2.4	2.6	3.3	3.9	5	—
		GB/T 823		—	1.4	1.8	2.15	2.45	2.75	3.45	4.1	5.4	—
r min		GB/T 818		0.1					0.2		0.25	0.4	
		GB/T 822		—	—	0.1			0.2		0.25	0.4	—
		GB/T 823		—		0.1			0.2			0.25	0.4
r max		GB/T 819.1 GB/T 820		0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1	1.3	1.5	2	2.5
r_f ≈		GB/T 818		2.5	3.2	4	5	6	6.5	8	10	13	16
		GB/T 820		3	4	5	6	8.5	9.5		12	16.5	19.5
		GB/T 823		—	4.5	6	7	8	9	12	14	18	—
f		GB/T 820		0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.4	2	2.3
十字槽	GB/T 818	槽号		0		1		2			3	4	
		H 型插入深度	max	0.95	1.2	1.55	1.8	1.9	2.4	2.9	3.6	4.6	5.8
			min	0.7	0.9	1.15	1.4	1.4	1.9	2.4	3.1	4	5.2
		Z 型插入深度	max	0.9	1.2	1.5	1.75	1.93	2.35	2.75	3.5	4.5	5.7
			min	0.65	0.85	1.1	1.35	1.48	1.9	2.3	3.05	4.05	5.25
	GB/T 819.1	槽号		0		1		2			3	4	
		H 型插入深度	max	0.9	1.2	1.8	2.1	2.4	2.6	3.2	3.5	4.6	5.7
			min	0.6	0.9	1.4	1.7	1.9	2.1	2.7	3	4	5.1
		Z 型插入深度	max	0.95	1.2	1.75	2	2.2	2.5	3.05	3.45	4.6	5.65
			min	0.7	0.95	1.45	1.6	1.75	2.05	2.6	3	4.15	5.2
	GB/T 820	槽号		0		1		2			3	4	
		H 型插入深度	max	1.2	1.5	1.85	2.2	2.75	3.2	3.4	4	5.25	6
			min	0.9	1.2	1.5	1.8	2.25	2.7	2.9	3.5	4.75	5.5
		Z 型插入深度	max	1.2	1.4	1.75	2.1	2.70	3.1	3.35	3.85	5.2	6.05
			min	0.95	1.15	1.5	1.8	2.25	2.65	2.9	3.4	4.75	5.6
	GB/T 822	槽号		—	1		2				3		4
		H 型插入深度	max	—	—	1.20	0.86	1.15	1.45	2.14	2.25	3.73	—
			min	—	—	1.62	1.43	1.73	2.03	2.73	2.86	4.36	—
	GB/T 823	槽号		—	1		2				3		—
		H 型插入深度	max	—	1.01	1.42	1.43	1.73	2.03	2.73	2.86	4.38	—
			min	—	0.60	1.00	0.86	1.15	1.45	2.14	2.26	3.73	—
l① 长度范围				3～16	3～20	3～25	4～30	5～35	5～40	6～50	8～60	10～60	12～60
全螺纹时最大长度		GB/T 818		25	25	25	25	40	40	40	40	40	
		GB/T 819.1 GB/T 820		30				45 45	45				
		GB/T 822		—	—	30	30	40	40				—
		GB/T 823		—	20	25	30	35	40	50			—
性能等级	钢			4.8									
	不锈钢	GB/T 818 GB/T 820		A2-50、A2-70									
		GB/T 822		A2-70									
		GB/T 823		A1-50、C4-50									
	有色金属			CU2、CU3、AL4									

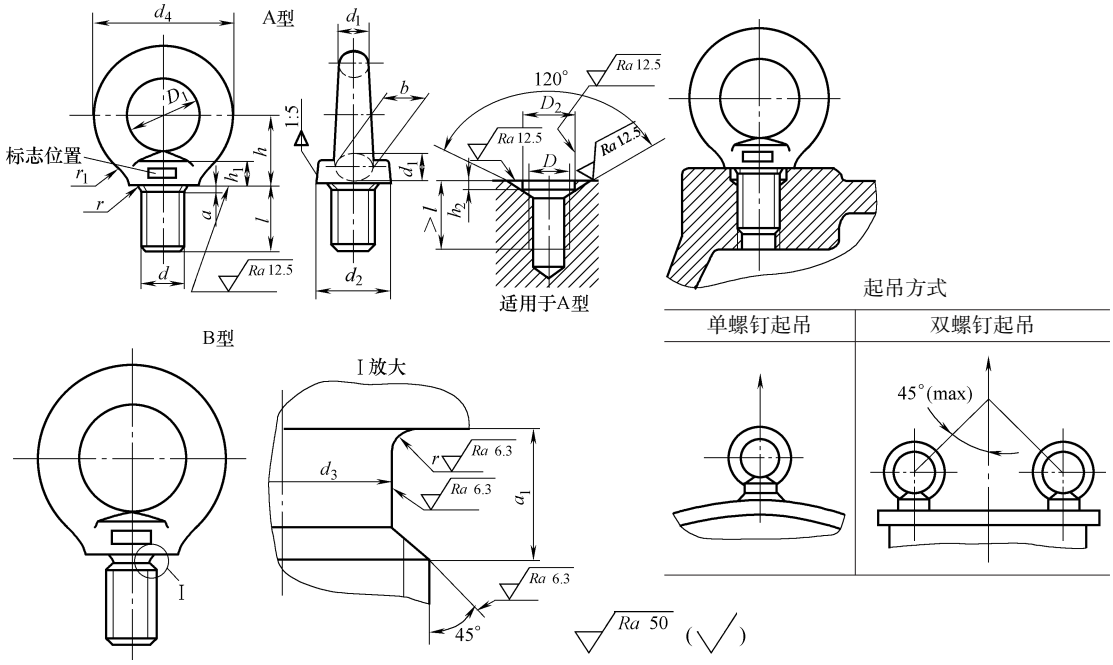
（续）

螺纹规格　d		M1.6	M2	M2.5	M3	(M3.5)	M4	M5	M6	M8	M10
表面处理	钢	1）简单处理　2）镀锌钝化									
	不锈钢	简单处理									
	有色金属	简单处理									

注：尽可能不采用括号内规格。

① 长度系列（单位为 mm）为 2、2.5、3、4、5、6～16（2 进位）、20～80（5 进位）。GB/T 818 的 M5 长度范围为 6～45mm。

表 8-60　吊环螺钉（GB/T 825—1988）　　（mm）



A 型无螺纹部分杆径 ≈ 螺纹中径或 ≈ 螺纹大径

标记示例

规格为 20mm，材料为 20 钢，经正火处理，不经表面处理的 A 型吊环螺钉标记为：

螺钉　GB/T 825—1988　M20

螺纹规格(d)		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
d_1	max	9.1	11.1	13.1	15.2	17.4	21.4	25.7	30	34.4	40.7
D_1	公称	20	24	28	34	40	48	56	67	80	95
d_2	max	21.1	25.1	29.1	35.2	41.4	49.4	57.7	69	82.4	97.7
h_1	max	7	9	11	13	15.1	19.1	23.2	27.4	31.7	36.9
l	公称	16	20	22	28	35	40	45	55	65	70
d_4	参考	36	44	52	62	72	88	104	123	144	171
h		18	22	26	31	36	44	53	63	74	87
r_1		4	4	6	6	8	12	15	18	20	22
r	min	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3
a_1	max	3.75	4.5	5.25	6	7.5	9	10.5	12	13.5	15
d_3	公称(max)	6	7.7	9.4	13	16.4	19.6	25	30.8	35.6	41
a	max	2.5	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10
b		10	12	14	16	19	24	28	32	38	46
D_2	公称(min)	13	15	17	22	28	32	38	45	52	60
h_2	公称(min)	2.5	3	3.5	4.5	5	7	8	9.5	10.5	11.5

（续）

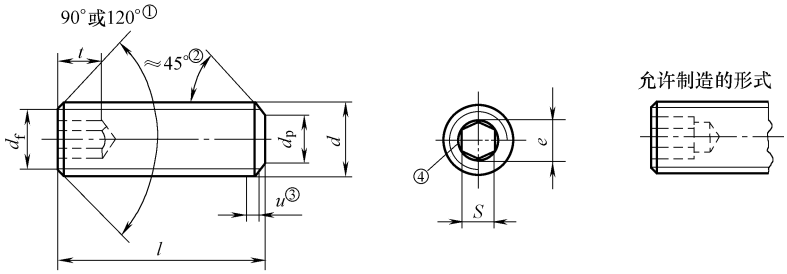
螺纹规格(d)			M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
最大起吊重量 t	单螺钉起吊	（参见右上图）	0.16	0.25	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3	8
	双螺钉起吊		0.08	0.125	0.2	0.32	0.5	0.8	1.25	2	3.2	4

减速器类型	一级圆柱齿轮减速器					二级圆柱齿轮减速器					
中心距 a	100	125	160	200	250	315	100×140	140×200	180×250	200×280	250×355
重量 W/kN	0.25	0.52	1.05	2.1	4	8	1	2.6	4.8	6.8	12.5

注：1. M8～M36 为商品规格。

2. “减速器重量 W”非 GB/T 825 内容，仅供课程设计参考用。

表 8-61　内六角平端紧定螺钉（GB/T 77—2007）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 d = M6，公称长度 l = 12mm，性能等级为 45H 级，表面氧化处理的 A 级内六角平端紧定螺钉的标记为：

螺钉 GB/T 77　　M6×12

螺纹规格 d		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
P		0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3
d_p	max	0.80	1.00	1.50	2.00	2.50	3.5	4.0	5.5	7.00	8.50	12.00	15.00	18.00
	min	0.55	0.75	1.25	1.75	2.25	3.2	3.7	5.2	6.64	8.14	11.57	14.57	17.57
d_f		≈螺纹小径												
e⑤	min	0.803	1.003	1.427	1.73	2.3	2.87	3.44	4.58	5.72	6.86	9.15	11.43	13.72
s⑥	公称	0.7	0.9	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
	max	0.724	0.902	1.295	1.545	2.045	2.560	3.071	4.084	5.084	6.095	8.115	10.115	12.142
	min	0.711	0.889	1.270	1.520	2.020	2.520	3.020	4.020	5.020	6.020	8.025	10.025	12.032
t	min⑦	0.7	0.8	1.2	1.2	1.5	2	2	3	4	4.8	6.4	8	10
	min⑧	1.5	1.7	2	2	2.5	3	3.5	5	6	8	10	12	15

l 公称	l min	l max	每 1000 件钢螺钉的质量(ρ = 7.85kg/dm³)≈kg												
2	1.8	2.2	0.021	0.029	0.05	0.059									
2.5	2.3	2.7	0.025	0.037	0.063	0.08	0.099								
3	2.8	3.2	0.029	0.044	0.075	0.1	0.4	0.2							
4	3.76	4.24	0.037	0.059	0.1	0.14	0.22	0.32	0.41						
5	4.76	5.24	0.046	0.074	0.125	0.18	0.3	0.44	0.585	0.945					
6	5.76	6.24	0.054	0.089	0.15	0.22	0.38	0.56	0.76	1.26	1.77				
8	7.71	8.29	0.07	0.119	0.199	0.3	0.54	0.8	1.11	1.89	2.78	4			
10	9.71	10.29		0.148	0.249	0.38	0.7	1.04	1.46	2.52	3.78	5.4	8.5		
12	11.65	12.35			0.299	0.46	0.86	1.28	1.81	3.15	4.78	6.8	11.1	15.8	
16	15.65	16.35				0.62	1.18	1.76	2.51	4.41	6.78	9.6	16.3	24.1	30
20	19.58	20.42					1.49	2.24	3.21	5.67	8.76	12.4	21.5	32.3	42
25	24.58	25.42						2.84	4.09	7.25	11.2	15.9	28	42.6	57
30	29.58	30.42							4.97	8.82	13.7	19.4	34.6	52.9	72
35	34.5	35.5								10.4	16.2	22.9	41.1	63.2	87
40	39.5	40.5								12	18.7	26.4	47.7	73.5	102
45	44.5	45.5									21.2	29.9	54.2	83.8	117
50	49.5	50.5									23.7	33.4	60.7	94.1	132
55	54.4	55.6										36.8	67.3	104	147
60	59.4	60.6										40.3	73.7	115	162

（续）

技术条件和引用标准				
材料		钢	不锈钢	有色金属
通用技术条件		GB/T 16938		
螺纹	公差	45H 级;5g6g;其他等级:6g		
	标准	GB/T 196、GB/T 197		
机械性能	等级	45H	A1、A2	CU2、CU3、AL4
	标准	GB/T 3098.3	GB/T 3098.6	GB/T 3098.10
公差	产品等级	A		
	标准	GB/T 3103.1		
表面缺陷		GB/T 5779.1、GB/T 5779.3		
表面处理		氧化	简单处理	简单处理
		电镀技术要求按 GB/T 5267 如需其他表面镀层或表面处理,应由供需双方协议		
验收及包装		GB/T 90		

注：1. 对切制内六角，当尺寸达到最大极限时，由于钻孔造成的过切不应超过内六角任何一面长度（t）的 20%

2. 阶梯实线间为商品长度规格。

① 公称长度在表中虚线以上的短螺钉应制成 120°。

② 45°角仅适用于螺纹小径以内的末端部分。

③ 不完整螺纹的长度 $u \leqslant 2P$。

④ 允许稍许倒圆或沉孔。

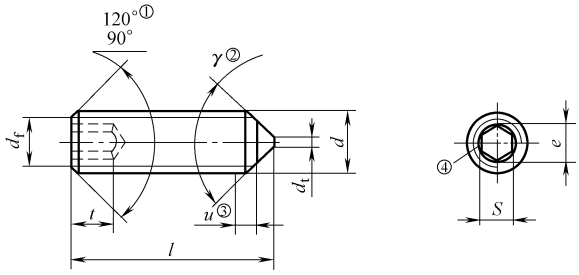
⑤ $e_{min} = 1.14 s_{min}$。

⑥ s 应用综合测量方法进行检验，见 ISO 23429：2004。

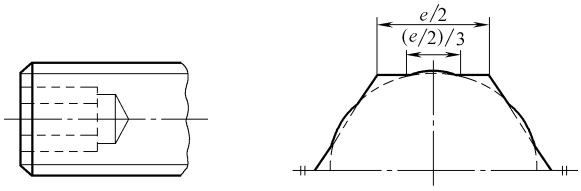
⑦ 用于公称长度在阶梯虚线以上的螺钉。

⑧ 用于公称长度在阶梯虚线以下的螺钉。

表 8-62　内六角锥端紧定螺钉（GB/T 78—2007）　　（mm）



允许制造的内六角型式



标记示例

螺纹规格　d = M6、公称长度 l = 12mm、性能等级为 45H 级、表面氧化处理的 A 级内六角锥端紧定螺钉的标记为：

螺钉　GB/T78　　M6 × 12

螺纹规格 d		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
P		0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3
d_t	max	0.4	0.5	0.65	0.75	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6
d_f	min	≈螺纹小径												
e⑤	min	0.809	1.011	1.454	1.733	2.303	2.873	3.443	4.583	5.723	6.863	9.149	11.429	13.716

（续）

螺纹规格 d		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
S⑥	公称	0.7	0.9	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
	max	0.724	0.913	1.300	1.58	2.08	2.58	3.08	4.095	5.14	6.14	8.175	10.175	12.212
	min	0.710	0.887	1.275	1.52	2.02	2.52	3.02	4.02	5.02	6.02	8.025	10.025	12.032
t	min⑦	0.7	0.8	1.2	1.2	1.5	2	2	3	4	4.8	6.4	8	10
	min⑧	1.5	1.7	2	2	2.5	3	3.5	5	6	8	10	12	15

l 公称	l min	l max	每 1000 件钢螺钉的质量（$\rho=7.85\text{kg/dm}^3$）≈kg												
2	1.8	2.2	0.021	0.029											
2.5	2.3	2.7	0.025	0.037	0.063										
3	2.8	3.2	0.029	0.044	0.075	0.09									
4	3.76	4.24	0.037	0.059	0.1	0.13	0.18								
5	4.76	5.24	0.046	0.074	0.125	0.17	0.26	0.37							
6	5.76	6.24	0.054	0.089	0.15	0.21	0.34	0.49	0.69						
8	7.71	8.29	0.07	0.119	0.199	0.29	0.5	0.73	1.04	1.72					
10	9.71	10.29		0.148	0.249	0.37	0.66	0.97	1.39	2.35	3.41				
12	11.65	12.35			0.299	0.45	0.82	1.21	1.74	2.98	4.42	6.1			
16	15.65	16.35				0.61	1.14	1.69	2.44	4.24	6.43	8.9	14.9		
20	19.58	20.42					1.46	2.17	3.14	5.5	8.44	11.7	20.1	30.4	
25	24.58	25.42						2.77	4.02	7.08	10.9	15.3	26.6	40.7	54.2
30	29.58	30.42							4.89	8.65	13.5	18.8	33.1	51	68.7
35	34.5	35.5								10.2	16	22.3	39.6	61.3	83.2
40	39.5	40.5								11.8	18.5	25.8	46.1	71.6	97.7
45	44.5	45.5									21	29.3	52.6	81.9	112
50	49.5	50.5									23.5	32.8	59.1	92.2	127
55	54.4	55.6										36.3	65.6	103	141
60	59.4	60.6										39.8	72.2	113	156

技术条件和引用标准

材料		钢	不锈钢	有色金属
通用技术条件		ISO 8992		
螺纹	公差	6g		
	标准	GB/T 193、GB/T 2516、GB/T 9145		
机械性能	等级	45H	A1-12H、A2-21H、A3-21H、A4-21H、A5-21H	CU2、CU3、AL4
	标准	GB/T 3098.3	GB/T 3098.16	GB/T 3098.10
公差	产品等级	A		
	标准	GB/T 3103.1		
表面处理		不经处理 氧化 电镀，技术要求按 GB/T 5267.1 非电解锌片涂层，技术要求按 GB/T 5267.2	简单处理	简单处理； 电镀，技术要求按 GB/T 5267.1
表面缺陷		GB/T 5779.1	—	—
验收及包装		GB/T 90.1、GB/T 90.2		

注：对切制内六角，当尺寸达到最大极限时，由钻孔造成的过切不应超过内六角任何一面长度（$e/2$）的 1/3。

① 公称长度 l 在表中虚线以上阴影部分的短螺钉应制成 120°。

② γ 角仅适用于螺纹小径以内的末端部分；$\gamma=120°$ 适用于在表 1 阴影部分的公称长度，而 $\gamma=90°$ 用于其余长度。

③ 不完整螺纹的长度 $u\leqslant 2P$。

④ 内六角口部允许销许倒圆或沉孔。

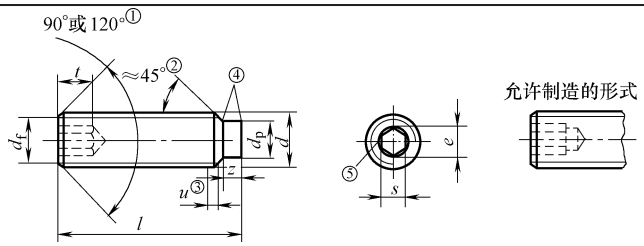
⑤ $e_{min}=1.14s_{min}$。

⑥ 内六角尺寸 e 和 s 的综合测量见 ISO 23429：2004。

⑦ 适用于公称长度处于阴影部分的螺钉。

⑧ 适用于公称长度在阴影部分以下的螺钉。

表 8-63　内六角圆柱端紧定螺钉（GB/T 79—2007）　　（mm）



标记示例

螺纹规格 d = M6，公称长度 l = 12mm，性能等级为 45H 级，表面氧化处理的 A 级内六角圆柱端紧定螺钉的标记为：

螺钉 GB/T 79　　M6 × 12

螺纹规格 d			M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
P			0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3
d_p		max	0.80	1.00	1.50	2.00	2.50	3.5	4.0	5.5	7.00	8.50	12.00	15.00	18.00
		min	0.55	0.75	1.25	1.75	2.25	3.2	3.7	5.2	6.64	8.14	11.57	14.57	17.57
d_f			≈螺纹小径												
e⑥		min	0.803	1.003	1.427	1.73	2.3	2.87	3.44	4.58	5.72	6.86	9.15	11.43	13.72
s⑦		公称	0.7	0.9	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
		max	0.724	0.902	1.295	1.545	2.045	2.560	3.071	4.084	5.084	6.095	8.115	10.115	12.142
		min	0.711	0.889	1.270	1.520	2.020	2.520	3.020	4.020	5.020	6.020	8.025	10.025	12.032
t		min⑧	0.7	0.8	1.2	1.2	1.5	2	2	3	4	4.8	6.4	8	10
		min⑨	1.5	1.7	2	2	2.5	3	3.5	5	6	8	10	12	15
z	短圆柱端⑧	max	0.65	0.75	0.88	1.00	1.25	1.50	1.75	2.25	2.75	3.25	4.3	5.3	6.3
		min	0.40	0.50	0.63	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.0	5.0	6.0
	长圆柱端⑨	max	1.05	1.25	1.50	1.75	2.25	2.75	3.25	4.3	5.3	6.3	8.36	10.36	12.43
		min	0.80	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	4.0	5.0	6.0	8.00	10.00	12.00

l 公称	l min	l max	每 1000 件钢螺钉的质量（ρ = 7.85kg/dm³）≈kg												
2	1.8	2.2	0.024												
2.5	2.3	2.7	0.028	0.046											
3	2.8	3.2	0.029	0.053	0.085										
4	3.76	4.24	0.037	0.059	0.11	0.12									
5	4.76	5.24	0.046	0.074	0.125	0.161	0.239								
6	5.76	6.24	0.054	0.089	0.15	0.186	0.319	0.528							
8	7.71	8.29	0.07	0.119	0.199	0.266	0.442	0.708	1.07	1.68					
10	9.71	10.29		0.148	0.249	0.346	0.602	0.948	1.29	2.31	3.6				
12	11.65	12.35			0.299	0.427	0.763	1.19	1.63	2.68	4.58	6.06			
16	15.65	16.35				0.586	1.08	1.67	2.31	3.94	6.05	8.94	15		
20	19.58	20.42					1.4	2.15	2.99	5.2	8.02	11	20.3	28.3	
25	24.58	25.42						2.75	3.84	6.78	10.5	14.6	25.1	38.6	55.4
30	29.58	30.42							4.69	8.35	13	18.2	31.7	45.5	69.9
35	34.5	35.5								9.93	15.5	21.8	38.3	55.8	78.4
40	39.5	40.5								11.5	18	25.4	44.9	66.1	92.9
45	44.5	45.5									20.5	29	51.5	76.4	107
5.0	49.5	50.5									23	32.6	58.1	86.7	122
55	54.4	55.6										36.2	64.7	97	136
60	59.4	60.6										39.8	71.3	107	151

注：阶梯实线间为商品长度规格。

① 公称长度在表中虚线以上部分的短螺钉应制成 120°。

② 45°仅适用于螺纹小径以内的末端部分。

③ 不完整螺纹的长度 $u \leqslant 2P$。

④ 稍许倒圆。

⑤ 内六角口部允许稍许倒圆或沉孔。

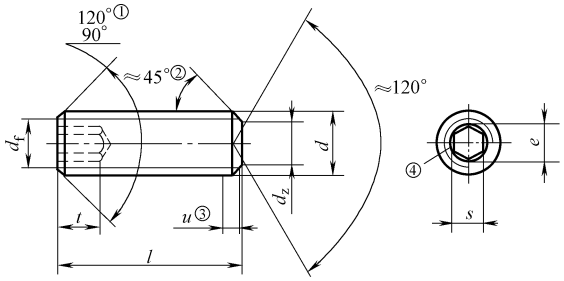
⑥ $e_{min} = 1.14 s_{min}$。

⑦ s 应用综合测量方法见 ISO 23429：2004。

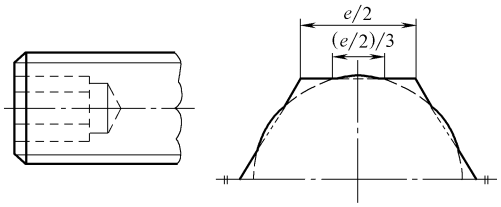
⑧ 用于公称长度在阶梯虚线以上的螺钉。

⑨ 用于公称长度在阶梯虚线以下的螺钉。

表 8-64　内六角凹端紧定螺钉（GB/T 80—2007）　　（mm）



允许制造的内六角形式



标记示例

螺纹规格 d = M6、公称长度 l = 12mm、性能等级为 45H 级、表面氧化处理的 A 级内六角凹端紧定螺钉的标记为：

螺钉 GB/T 80　　M6 × 12

螺纹规格 d			M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
P			0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3
d_s		max	0.80	1.00	1.20	1.40	2.00	2.50	3.0	5.0	6.0	8.0	10.0	14.0	16.0
		min	0.55	0.75	0.95	1.15	1.75	2.25	2.75	4.7	5.7	7.64	9.64	13.57	15.57
d_f		min	≈螺纹小径												
e⑤		min	0.809	1.011	1.454	1.733	2.303	2.873	3.443	4.583	5.723	6.863	9.149	11.429	13.716
s⑥		公称	0.7	0.9	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
		max	0.724	0.913	1.300	1.58	2.08	2.58	3.08	4.095	5.14	6.14	8.175	10.175	12.212
		min	0.710	0.887	1.275	1.52	2.02	2.52	3.02	4.02	5.02	6.02	8.025	10.025	12.032
t		min⑦	0.7	0.8	1.2	1.2	1.5	2	2	3	4	4.8	6.4	8	10
		min⑧	1.5	1.7	2	2	2.5	3	3.5	5	6	8	10	12	15
l			每 1000 件钢螺钉的质量(ρ = 7.85kg/dm³) ≈kg												
公称	min	max													
2	1.8	2.2	0.019	0.029											
2.5	2.3	2.7	0.025	0.037	0.063										
3	2.8	3.2	0.029	0.044	0.075	0.1									
4	3.76	4.24	0.037	0.059	0.1	0.14	0.23								
5	4.76	5.24	0.046	0.074	0.125	0.18	0.305	0.42							
6	5.76	6.24	0.054	0.089	0.15	0.22	0.38	0.54	0.74						
8	7.71	8.29	0.07	0.119	0.199	0.3	0.53	0.78	1.09	1.88					
10	9.71	10.29		0.148	0.249	0.38	0.68	1.02	1.44	2.51	3.72				
12	11.65	12.35			0.299	0.46	0.83	1.26	1.79	3.14	4.73	6.7			
16	15.65	16.35				0.62	1.13	1.74	2.49	4.4	6.73	9.5	15.7		
20	19.58	20.42					1.4	2.22	3.19	5.66	8.72	12.3	20.9	31.1	
25	24.58	25.42						2.82	4.07	7.24	11.2	15.8	27.4	41.4	55.4
30	29.58	30.42							4.94	8.81	13.7	19.3	33.9	51.7	70.3
35	34.5	35.5								10.4	16.2	22.7	40.4	62	85.3
40	39.5	40.5								12	18.7	26.2	46.9	72.3	100
45	44.5	45.5									21.2	29.7	53.3	82.6	115
50	49.5	50.5									23.6	33.2	59.8	92.6	130
55	54.4	55.6										36.6	66.3	103	145
60	59.4	60.6										40.1	72.8	114	160

（续）

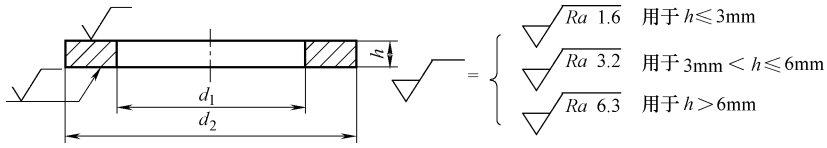
技术条件和引用标准				
材料		钢	不锈钢	有色金属
通用技术条件		ISO 8992		
螺纹	公差	6g		
	标准	GB/T 193、GB/T 2516、GB/T 9145		
机械性能	等级	45H	A1-12H、A2-21H、A3-21H、A4-21H、A5-21H	CU2、CU3、AI4
	标准	GB/T 3098.3	GB/T 3098.16	GB/T 3098.10
公差	产品等级	A		
	标准	GB/T 3103.1		
表面处理		不经处理 氧化 电镀，技术要求按 GB/T 5267.1 非电解锌片涂层，技术要求按 GB/T 5267.2	简单处理	简单处理； 电镀，技术要求按 GB/T 5267.1
表面缺陷		GB/T 5779.1	—	—
验收及包装		GB/T 90.1、GB/T 90.2		

注：1. 对切制内六角，当尺寸达到最大极限时，由钻孔造成的过切不应超过内六角任何一面长度（$e/2$）的 1/3。
2. 阶梯实线间为商品长度规格。

① 公称长度 l 在表中阴影部分的短螺钉应制成 120°。
② 45°仅适用于螺纹小径以内的末端部分。
③ 不完整螺纹的长度 $u \leqslant 2P$。
④ 内六角口部允许销许倒圆或沉孔。
⑤ $e_{min} = 1.14 s_{min}$。
⑥ 内六角尺寸 e 和 s 的综合测量见 ISO 23429：2004。
⑦ 适用于公称长度处于阴影部分的螺钉。
⑧ 适用于公称长度在阴影部分以下的螺钉。

5. 垫圈（见表 8-65 ~ 表 8-77）

表 8-65　平垫圈 A 级（GB/T 97.1—2002）　　（mm）



标记示例

标准系列，公称规格 8mm，由钢制造的硬度等级为 200HV 级，不经表面处理，产品等级为八级的平垫圈的标记：

垫圈　GB/T97.1—2002　8

标准系列，公称规格 8mm，由 A2 组不锈钢制造的硬度等级为 200HV 级，不经表面处理，产品等级为 A 级的平垫圈的标记：　垫圈　GB/T 97.1—2002　8　A2

优选尺寸							
公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
1.6	1.7	1.84	4	3.7	0.3	0.35	0.25
2	2.2	2.34	5	4.7	0.3	0.35	0.25
2.5	2.7	2.84	6	5.7	0.5	0.55	0.45
3	3.2	3.38	7	6.64	0.5	0.55	0.45
4	4.3	4.48	9	8.64	0.8	0.9	0.7
5	5.3	5.48	10	9.64	1	1.1	0.9

（续）

优选尺寸							
公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
6	6.4	6.62	12	11.57	1.6	1.8	1.4
8	8.4	8.62	16	15.57	1.6	1.8	1.4
10	10.5	10.77	20	19.48	2	2.2	1.8
12	13	13.27	24	23.48	2.5	2.7	2.3
16	17	17.27	30	29.48	3	3.3	2.7
20	21	21.33	37	36.38	3	3.3	2.7
24	25	25.33	44	43.38	4	4.3	3.7
30	31	31.39	56	55.26	4	4.3	3.7
36	37	37.62	66	64.8	5	5.6	4.4
42	45	45.62	78	76.8	8	9	7
48	52	52.74	92	90.6	8	9	7
56	62	62.74	105	103.6	10	11	9
64	70	70.74	115	113.6	10	11	9

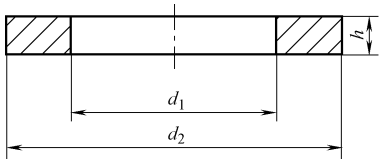
非优选尺寸							
公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
14	15	15.27	28	27.48	2.5	2.7	2.3
18	19	19.33	34	33.38	3	3.3	2.7
22	23	23.33	39	38.38	3	3.3	2.7
27	28	28.33	50	49.38	4	4.3	3.7
33	34	34.62	60	58.8	5	5.6	4.4
39	42	42.62	72	70.8	6	6.6	5.4
45	48	48.62	85	83.6	8	9	7
52	56	56.74	98	96.6	8	9	7
60	66	66.74	110	108.6	10	11	9

技术条件和引用标准

材料①	种类	钢		不锈钢
	组别②	—		A2、F1、C1、A4、C4
	标准	—		GB/T 3098.6
机械性能	硬度等级	200HV	300HV③	200HV
	硬度范围④	200～300HV	300～370HV	200HV～300HV
公差	产品等级	A		
	标准	GB/T 3103.3		
表面处理		不经表面处理，即垫圈应是本色的并涂有防锈油或按供需双方协议的涂层 电镀技术要求按 GB/T 5267.1 非电解锌片涂层技术要求按 GB/T 5267.2 对淬火并回火的垫圈应采用适当的涂或镀工艺，以避免氢脆。当电镀或磷化处理垫圈时，应在电镀或涂层后立即进行适当处理，以驱除有害的氢脆 所有公差适用于涂或镀前尺寸		不经表面处理，即垫圈应是本色的
表面缺陷		零件不允许有不规则的或有害的缺陷。垫圈表面不得有突出的毛刺		
验收及包装		GB/T 90.1、GB/T 90.2		

① 其他金属材料需经供需双方协议。
② 仅与化学成分有关。
③ 淬火并回火。
④ 硬度试验按 GB/T 4340.1 规定。
试验力：HV2 用于公称厚度 $h \leqslant 0.6$mm；
HV10 用于公称厚度 $0.6\text{mm} < h \leqslant 1.2$mm；
HV30 用于公称厚度 $h > 1.2$mm。

表 8-66　平垫圈 C 级（GB/T 95—2002）　　（mm）



标记示例

标准系列，公称规格 8mm，硬度等级为 100HV 级，不经表面处理，产品等级为 C 级的平垫圈的标记：

垫圈　GB/T 95—2002　8

优选尺寸

公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
1.6	1.8	2.05	4	3.25	0.3	0.4	0.2
2	2.4	2.65	5	4.25	0.3	0.4	0.2
2.5	2.9	3.15	6	5.25	0.5	0.6	0.4
3	3.4	3.7	7	6.1	0.5	0.6	0.4
4	4.5	4.8	9	8.1	0.8	1.0	0.6
5	5.5	5.8	10	9.1	1	1.2	0.8
6	6.6	6.96	12	10.9	1.6	1.9	1.3
8	9	9.36	16	14.9	1.6	1.9	1.3
10	11	11.43	20	18.7	2	2.3	1.7
12	13.5	13.93	24	22.7	2.5	2.8	2.2
16	17.5	17.93	30	28.7	3	3.6	2.4
20	22	22.52	37	35.4	3	3.6	2.4
24	26	26.52	44	42.4	4	4.6	3.4
30	33	33.62	56	54.1	4	4.6	3.4
36	39	40	66	64.1	5	6	4
42	45	46	78	76.1	8	9.2	6.8
48	52	53.2	92	89.8	8	9.2	6.8
56	62	63.2	105	102.8	10	11.2	8.8
64	70	71.2	115	112.8	10	11.2	8.8

非优选尺寸

公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
3.5	3.9	4.2	8	7.1	0.5	0.6	0.4
14	15.5	15.93	28	26.7	2.5	2.8	2.2
18	20	20.43	34	32.4	3	3.6	2.4
22	24	24.52	39	37.4	3	3.6	2.4
27	30	30.52	50	48.4	4	4.6	3.4
33	36	37	60	58.1	5	6	4
39	42	43	72	70.1	6	7	5
45	48	49	85	82.8	8	9.2	6.8
52	56	57.2	98	95.8	8	9.2	6.8
60	66	67.2	110	107.8	10	11.2	8.8

技术条件和引用标准

材料①		钢
机械性能	硬度等级	100HV
	硬度范围②	100～200HV
公差	产品等级	C
	标准	GB/T 3103.3

（续）

技术条件和引用标准	
表面处理	不经表面处理，即垫圈应是本色的并涂有防锈油或按供需双方协议的涂层 电镀技术要求按 GB/T 5267.1 非电解锌片涂层技术要求按 GB/T 5267.2 所有公差适用于涂或镀前尺寸
表面缺陷	零件不允许有不规则的或有害的缺陷。垫圈表面不得有突出的毛刺
验收及包装	GB/T 90.1、GB/T 90.2

① 经供需双方协议的其他金属材料。

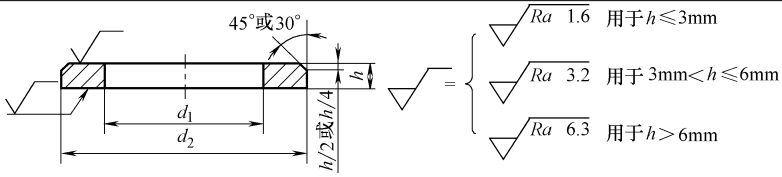
② 硬度试验按 GB/T 4340.1 规定。

试验力：HV2 用于公称厚度 $h \leqslant 0.6$mm；

HV10 用于公称厚度 $0.6\text{mm} < h \leqslant 1.2$mm；

HV30 用于公称厚度 $h > 1.2$mm。

表 8-67　平垫圈倒角型 A 级（GB/T 97.2—2002）　　（mm）



标记示例

标准系列，公称规格 8mm，由钢制造的硬度等级为 200HV 级，不经表面处理，产品等级为 A 级，倒角型平垫圈的标记：

垫圈　GB/T 97.2—2002　8

标准系列，公称规格 8mm，由 A2 组不锈钢制造的硬度等级为 200HV 级，不经表面处理，产品等级为 A 级，倒角型平垫圈的标记：

垫圈　GB/T 97.2—2002　8　A2

优选尺寸							
公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
5	5.3	5.48	10	9.64	1	1.1	0.9
6	6.4	6.62	12	11.57	1.6	1.8	1.4
8	8.4	8.62	16	15.57	1.6	1.8	1.4
10	10.5	10.77	20	19.48	2	2.2	1.8
12	13	13.27	24	23.48	2.5	2.7	2.3
16	17	17.27	30	29.48	3	3.3	2.7
20	21	21.33	37	36.38	3	3.3	2.7
24	25	25.33	44	43.38	4	4.3	3.7
30	31	31.39	56	55.26	4	4.3	3.7
36	37	37.62	66	61.8	5	5.6	4.4
42	45	45.62	78	76.8	8	9	7
48	52	52.74	92	90.6	8	9	7
56	62	62.74	105	103.6	10	11	9
64	70	70.74	115	113.6	10	11	9

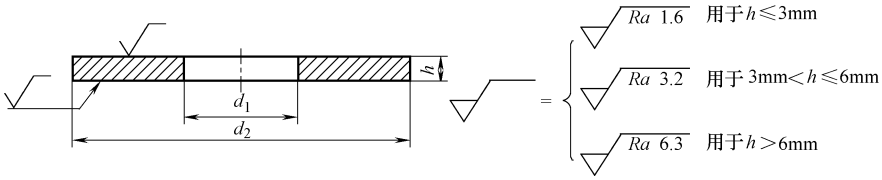
非优选尺寸							
公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
14	15	15.27	28	27.48	2.5	2.7	2.3
18	19	19.33	34	33.38	3	3.3	2.7
22	23	23.33	39	38.38	3	3.3	2.7
27	28	28.33	50	49.38	4	4.3	3.7
33	34	34.62	60	58.8	5	5.6	4.4
39	42	42.62	72	70.8	6	6.6	5.4
45	48	48.62	85	83.6	8	9	7
52	56	56.74	98	96.6	8	9	7
60	66	66.74	110	108.6	10	11	9

（续）

技术条件和引用标准				
材料①	种类	钢		不锈钢
	组别②	—		A2、F1、C1、A4、C4
	标准	—		GB/T 3098.6
机械性能	硬度等级	200HV	300HV③	200HV
	硬度范围④	200～300HV	300～370HV	200～300HV
公差	产品等级	A		
	标准	GB/T 3103.3		
表面处理		不经表面处理，即垫圈应是本色的并涂有防锈油或按供需双方协议的涂层 电镀技术要求按 GB/T 5267.1 非电解锌片涂层技术要求按 GB/T 5267.2 对淬火并回火的垫圈应采用适当的涂或镀工艺，以避免氢脆。当电镀或磷化处理垫圈时，应在电镀或涂层后立即进行适当处理，以驱除有害的氢脆 所有公差适用于涂或镀前尺寸		不经表面处理，即垫圈应是本色的
表面缺陷		零件不允许有不规则的或有害的缺陷。垫圈表面不得有突出的毛刺		
验收及包装		GB/T 90.1、GB/T 90.2		

① 其他金属材料需经供需双方协议。
② 仅与化学成分有关。
③ 淬火并回火。
④ 硬度试验按 GB/T 4340.1 规定。
试验力：HV10 用于公称厚度 $h \leqslant 1.2$mm；
HV30 用于公称厚度 $h > 1.2$mm。

表 8-68　大垫圈 A 级（GB/T 96.1—2002）　　（mm）



标记示例

大系列，公称规格 8mm，由钢制造的硬度等级为 200HV 级，不经表面处理，产品等级为 A 级的平垫圈的标记：垫圈 GB/T 96.1—2002　8

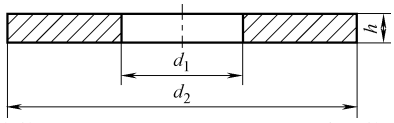
大系列，公称规格 8mm，由 A2 组不锈钢制造的硬度等级为 200HV 级，不经表面处理，产品等级为 A 级的平垫圈的标记：垫圈　GB/T 96.1—2002　8　A2

优选尺寸							
公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
3	3.2	3.38	9	8.64	0.8	0.9	0.7
4	4.3	4.48	12	11.57	1	1.1	0.9
5	5.3	5.48	15	14.57	1	1.1	0.9
6	6.4	6.62	18	17.57	1.6	1.8	1.4
8	8.4	8.62	24	23.48	2	2.2	1.8
10	10.5	10.77	30	29.48	2.5	2.7	2.3
12	13	13.27	37	36.38	3	3.3	2.7
16	17	17.27	50	49.38	3	3.3	2.7
20	21	21.33	60	59.26	4	4.3	3.7
24	25	25.52	72	70.8	5	5.6	4.4
30	33	33.62	92	90.6	6	6.6	5.4
36	39	39.62	110	108.6	8	9	7

（续）

非优选尺寸							
公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
3.5	3.7	3.88	11	10.57	0.8	0.9	0.7
14	15	15.27	44	43.38	3	3.3	2.7
18	19	19.33	56	55.26	4	4.3	3.7
22	23	23.52	66	64.8	5	5.6	4.4
27	30	30.52	85	83.6	6	6.6	5.4
33	36	36.62	105	103.6	6	6.6	5.4

表 8-69　大垫圈 C 级（GB/T 96.2—2002）　（mm）



标记示例

大系列，公称规格 8mm，由钢制造的硬度等级为 100HV 级，不经表面处理，产品等级为 C 级的平垫圈的标记：

垫圈　GB/T 96.2—2002　8

优选尺寸							
公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
3	3.4	3.7	9	8.1	0.8	1.0	0.6
4	4.5	4.8	12	10.9	1	1.2	0.8
5	5.5	5.8	15	13.9	1	1.2	0.8
6	6.6	6.96	18	16.9	1.6	1.9	1.3
8	9	9.36	24	22.7	2	2.3	1.7
10	11	11.43	30	28.7	2.5	2.8	2.2
12	13.5	13.93	37	35.4	3	3.6	2.4
16	17.5	17.93	50	48.4	3	3.6	2.4
20	22	28.52	60	58.1	4	4.6	3.4
24	26	26.84	72	70.1	5	6	4
30	33	34	92	89.8	6	7	5
36	39	40	110	107.8	8	9.2	6.8

非优选尺寸							
公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
3.5	3.9	4.2	11	9.9	0.8	1.0	0.6
14	15.5	15.93	44	42.4	3	3.6	2.4
18	20	20.43	56	54.9	4	4.6	3.4
22	24	24.84	66	64.9	5	6	4
27	30	30.84	85	82.8	6	7	5
33	36	37	105	102.8	6	7	5

技术条件和引用标准		
材料①		钢
机械性能	硬度等级	100HV
	硬度范围②	100～200HV
公差	产品等级	C
	标准	GB/T 3103.3
表面处理		不经表面处理，即垫圈应是本色的并涂有防锈油或按供需双方协议的涂层。电镀技术要求按 GB/T 5267.1 非电解锌片涂层技术要求按 GB/T 5267.2 所有公差适用于涂或镀前尺寸
表面缺陷		零件不允许有不规则的或有害的缺陷。垫圈表面不得有突出的毛刺
验收及包装		GB/T 90.1、GB/T 90.2

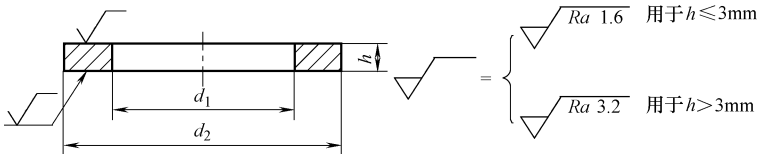
① 其他金属材料需经供需双方协议。

② 硬度试验按 GB/T 4340.1 规定。

试验力：HV10 用于公称厚度 $0.6\text{mm} < h \leqslant 1.2\text{mm}$；

HV30 用于公称厚度 $h > 1.2\text{mm}$。

表 8-70　小垫圈 A 级（GB/T 848—2002）　　（mm）



标记示例

小系列，公称规格 8mm，由钢制造的硬度等级为 200HV 级，不经表面处理，产品等级为 A 级的平垫圈的标记：

垫圈　GB/T 848—2008　8

小系列，公称规格 88mm，由 A2 组不锈钢制造的硬度等级为 200HV 级，不经表面处理，产品等级为 A 级的平垫圈的标记：

垫圈　GB/T 848—2002　8 A2

优选尺寸

公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
1.6	1.7	1.84	3.5	3.2	0.3	0.35	0.25
2	2.2	2.34	4.5	4.2	0.3	0.35	0.25
2.5	2.7	2.84	5	4.7	0.5	0.55	0.45
3	3.2	3.38	6	5.7	0.5	0.55	0.45
4	4.3	4.48	8	7.64	0.5	0.55	0.45
5	5.3	5.48	9	8.64	1	1.1	0.9
6	6.4	6.62	11	10.57	1.6	1.8	1.4
8	8.4	8.62	15	14.57	1.6	1.8	1.4
10	10.5	10.77	18	17.57	1.6	1.8	1.4
12	13	13.27	20	19.48	2	2.2	1.8
16	17	17.27	28	27.48	2.5	2.7	2.3
20	21	21.33	34	33.38	3	3.3	2.7
24	25	25.33	39	38.38	4	4.3	3.7
30	31	31.39	50	49.38	4	4.3	3.7
36	37	37.62	60	58.8	5	5.6	4.4

非优选尺寸

公称规格（螺纹大径 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称(min)	max	公称(max)	min	公称	max	min
3.5	3.7	3.88	7	6.64	0.5	0.55	0.45
14	15	15.27	24	23.48	2.5	2.7	2.3
18	19	19.33	30	29.48	3	3.3	2.7
22	23	23.33	37	36.38	3	3.3	2.7
27	28	28.33	44	43.38	4	4.3	3.7
33	34	34.62	56	54.8	5	5.6	4.4

技术条件和引用标准

材料①	种类	钢		不锈钢
	组别②	—		A2、F1、C1、A4、C4
	标准	—		GB/T 3098.6
机械性能	硬度等级	200HV	300HV③	200HV
	硬度范围④	200～300HV	300～370HV	200～300HV
公差	产品等级	A		
	标准	GB/T 3103.3		

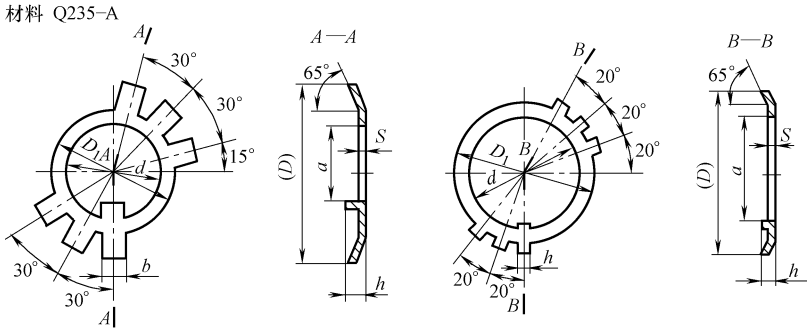
（续）

技术条件和引用标准		
表面处理	不经表面处理，即垫圈应是本色的并涂有防锈油或按供需双方协议的涂层 电镀技术要求按 GB/T 5267.1 非电解锌片涂层技术要求按 GB/T 5267.2 对淬火并回火的垫圈应采用适当的涂或镀工艺，以避免氢脆。当电镀或磷化处理垫圈时，应在电镀或涂层后立即进行适当处理，以驱除有害的氢脆 所有公差适用于涂或镀前尺寸	不经表面处理，即垫圈应是本色的
表面缺陷	零件不允许有不规则的或有害的缺陷。垫圈表面不得有突出的毛刺	
验收及包装	GB/T 90.1、GB/T 90.2	

① 其他金属材料需经供需双方协议。
② 仅与化学成分有关。
③ 淬火并回火。
④ 硬度试验按 GB/T 4340.1 规定。
试验力：HV2 用于公称厚度 $h \leqslant 0.6$mm；
HV10 用于公称厚度 $0.6\text{mm} < h \leqslant 1.2$mm；
HV30 用于公称厚度 $h > 1.2$mm。

表 8-71　圆螺母用止动垫圈（GB/T 858—1988）

材料 Q235-A



$d \leqslant 100$　　$d > 100$

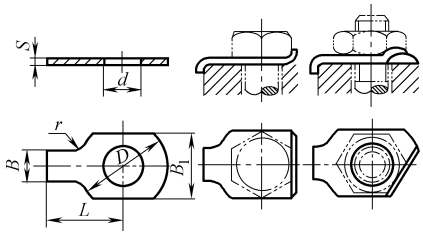
技术条件按 GB/T 98 规定。
标注方法按 GB/T 1237 规定。
标记示例
规格为 15mm，材料为 Q235-A，经表面退火，氧化处理的圆螺母用止动垫圈标记为：
垫圈　GB 858/T—1988　16

规格（螺纹大径）/mm	d/mm	D 参考/mm	D_1/mm	S/mm	h/mm	b/mm	a/mm	每 1000 个钢垫圈的重量/kg　≈
16	16.5	34	22	1.0	3	4.8	13	2.51
18	18.5	35	24		4		15	2.69
20	20.5	38	27				17	3.16
22	22.5	42	30				19	3.68
24	24.5	45	34				21	4.37
27	27.5	48	37		5		24	4.71
30	30.5	52	40				27	5.02
33	33.5	56	43	1.5		5.7	30	8.63
36	36.5	60	46				33	9.11
39	39.5	62	49				36	9.58
42	42.5	66	53				39	11.01
45	45.5	72	59				42	14.66
48	48.5	76	61			7.7	45	14.76

（续）

规格（螺纹大径）/mm	d/mm	D 参考/mm	D_1/mm	S/mm	h/mm	b/mm	a/mm	每1000件钢垫圈的重量/kg ≈
52	52.5	82	67	1.5	6	7.7	49	19.04
56	57.0	90	74				53	23.52
60	61.0	94	79				57	26.15
64	65.0	100	84				61	28.93
68	69.0	105	88			9.6	65	32.91
72	73.0	110	93		7		69	36.14
76	77.0	115	98				72	39.42
80	81.0	120	103				76	42.98
85	86.0	125	108				81	45.02
90	91.0	130	112	2.0		11.6	86	61.98
95	96.0	135	117				91	64.57
100	101.0	140	122				96	67.15
105	106.0	145	127				101	69.74
110	111.0	156	135			13.5	106	85.32
115	116.0	160	140				111	88.48
120	121.0	166	145				116	91.24
125	126.0	170	150				121	94.20
130	131.0	176	155				126	97.16
140	141.0	186	165				136	103.1
150	151.0	206	180	2.5		15.5	146	170.2
160	161.0	216	190		8		156	179.4
170	171.0	226	200				166	188.3
180	181.0	236	210				176	197.3
190	191.0	246	220				186	206.2
200	201.0	256	230				196	215.2

表 8-72　单耳止动垫圈（GB/T 854—1988）　　（mm）



技术条件

按 GB/T 98 规定。

标记

标记方法按 GB/T 1237 规定。

标记示例

规格为10mm，材料为 A3，经退火，不经表面处理的单耳止动垫圈的标记：

垫圈　GB/T 854—1988　10

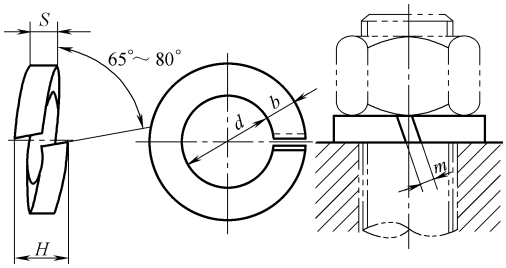
规格（螺纹大径）	d		D		L			S	B	B_1	r
	max	min	max	min	公称	min	max				
2.5	2.95	2.7	8	7.64	10	9.17	10.29	0.4	3	6	2.5
3	3.5	3.2	10	9.64	12	11.65	12.35		4	7	
4	4.5	4.2	14	13.57	4	13.65	14.35		5	9	
5	5.6	5.3	17	16.57	16	15.65	16.35	0.5	6	11	

（续）

规格（螺纹大径）	d		D		L			S	B	B_1	r
	max	min	max	min	公称	min	max				
6	6.76	6.4	19	18.48	18	17.65	18.35	0.5	7	12	4
8	8.76	8.4	22	21.48	20	19.58	20.42		8	16	
10	10.93	10.5	26	25.48	22	21.58	22.42		10	19	6
12	13.43	13	32	31.38	28	27.58	28.42	1	12	21	10
(14)	15.43	15	32	31.38	28	27.58	28.42			25	
16	17.43	17	40	39.38	32	31.50	32.50		15	32	
(18)	19.52	19	45	44.38	36	35.50	36.50		18	38	
20	21.52	21	45	49.38	36	36.50	36.50				
(22)	23.52	23	50	49.38	42	41.50	42.50		20	39	
24	25.52	25	50	49.38	42	41.50	42.50			42	
(27)	28.52	28	58	57.26	48	47.50	48.50	1.5	24	48	16
30	31.62	31	63	62.26	52	51.40	52.60		26	55	
36	37.62	37	75	74.26	62	61.40	62.60		30	65	
42	43.62	43	88	87.13	70	69.40	70.60		35	78	
48	50.62	50	100	99.13	80	79.40	80.60		40	90	

注：尽可能不采用括号内的规格。

表 8-73　标准型弹簧垫圈（GB/T 93—1987）　　（mm）



标记示例

规格为 16mm，材料为 65Mn，表面氧化的标准型弹簧垫圈的标记为：

垫圈　GB/T 93—1987　16

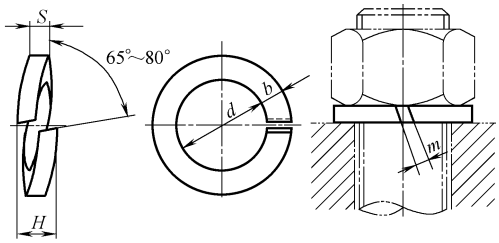
规格（螺纹大径）	d		S(b)			H		m ≤
	min	max	公称	min	max	min	max	
2	2.1	2.35	0.5	0.42	0.58	1	1.25	0.25
2.5	2.6	2.85	0.65	0.57	0.73	1.3	1.63	0.33
3	3.1	3.4	0.8	0.7	0.9	1.6	2	0.4
4	4.1	4.4	1.1	1	1.2	2.2	2.75	0.55
5	5.1	5.4	1.3	1.2	1.4	2.6	3.25	0.65
6	6.1	6.68	1.6	1.5	1.7	3.2	4	0.8
8	8.1	8.68	2.1	2	2.2	4.2	5.25	1.05
10	10.2	10.9	2.6	2.45	2.75	5.2	6.5	1.3
12	12.2	12.9	3.1	2.95	3.25	6.2	7.75	1.55
(14)	14.2	14.9	3.6	3.4	3.8	7.2	9	1.8
16	16.2	16.9	4.1	3.9	4.3	8.2	10.25	2.05
(18)	18.2	19.04	4.5	4.3	4.7	9	11.25	2.25
20	20.2	21.04	5	4.8	5.2	10	12.5	2.5
(22)	22.5	23.34	5.5	5.3	5.7	11	13.75	2.75

（续）

规格（螺纹大径）	d		S(b)			H		m ≤
	min	max	公称	min	max	min	max	
24	24.5	25.5	6	5.8	6.2	12	15	3
(27)	27.5	28.5	6.8	6.5	7.1	13.6	17	3.4
30	30.5	31.5	7.5	7.2	7.8	15	18.75	3.76
(33)	33.5	34.7	8.5	8.2	8.8	17	21.25	4.25
36	36.5	37.7	9	8.7	9.3	18	22.5	4.6
(39)	39.5	40.7	10	9.7	10.3	20	25	5
42	42.5	43.7	10.5	10.2	10.8	21	26.25	5.25
(45)	45.5	46.7	11	10.7	11.3	22	27.6	5.6
48	48.5	49.7	12	11.7	12.3	24	30	6

注：1. 尽可能不采用括号内的规格。
　　2. m 应大于零。

表 8-74　轻型弹簧垫圈（GB/T 859—1987）　　（mm）

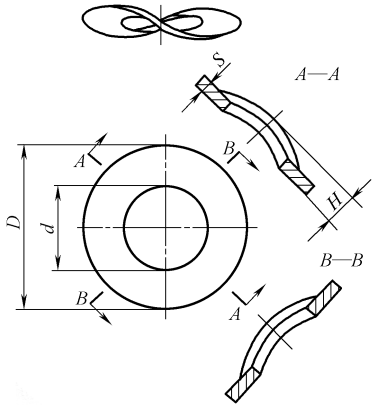


技术条件按 GB 94.1—2008 规定。
标记示例
规格为 16mm，材料为 65Mn，表面氧化的轻型弹簧垫圈的标记为：
　垫圈　GB /T 859—1987　16

规格（螺纹大径）	d		S			b			H		m ≤
	min	max	公称	min	max	公称	min	max	min	max	
3	3.1	3.4	0.6	0.52	0.68	1	0.9	1.1	1.2	1.5	0.3
4	4.1	4.4	0.8	0.70	0.90	1.2	1.1	1.3	1.6	2	0.4
5	5.1	5.4	1.1	1	1.2	1.5	1.4	1.6	2.2	2.75	0.55
6	6.1	6.68	1.3	1.2	1.4	2	1.9	2.1	2.6	3.25	0.65
8	8.1	8.68	1.6	1.5	1.7	2.5	2.35	2.65	3.2	4	0.8
10	10.2	10.9	2	1.9	2.1	3	2.85	3.15	4	5	1
12	12.2	12.9	2.5	2.35	2.65	3.5	3.3	3.7	5	6.25	1.25
(14)	14.2	14.9	3	2.85	3.15	4	3.8	4.2	6	7.5	1.5
16	16.2	16.9	3.2	3	3.4	4.5	4.3	4.7	6.4	8	1.6
(18)	18.2	19.04	3.6	3.4	3.8	5	4.8	5.2	7.2	9	1.8
20	20.2	21.04	4	3.8	4.2	5.5	5.3	5.7	8	10	2
(22)	22.5	23.34	4.5	4.3	4.7	6	5.8	6.2	9	11.25	2.25
24	24.5	25.5	5	4.8	5.2	7	6.7	7.3	10	12.5	2.5
(27)	27.5	28.5	5.5	5.3	5.7	8	7.7	8.3	11	13.75	2.75
30	30.5	31.5	6	5.8	6.2	9	8.7	9.3	12	15	3

注：1. 尽可能不采用括号内的规格。
　　2. m 应大于零。

表 8-75　波形弹性垫圈（GB/T 955—1987）　　（mm）



技术条件按 GB/T 94.1—2008 规定。

标记示例

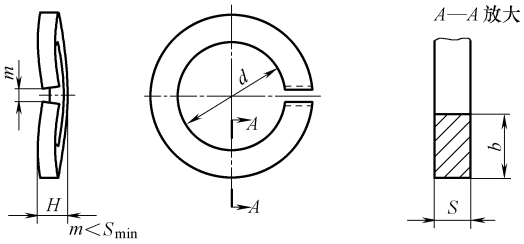
规格为 6mm，材料为 65Mn，表面氧化的波形弹簧垫圈的标记为：

垫圈　GB /T 955—1987　6

规格（螺纹大径）	d		D		H		S
	min	max	min	max	min	max	
3	3.2	3.5	7.42	8	0.8	1.6	0.5
4	4.3	4.6	8.42	9	1	2	
6	5.3	5.6	10.30	11	1.1	2.2	
6	6.4	6.76	11.30	12	1.3	2.6	
8	8.4	8.76	14.30	15	1.5	3	0.8
10	10.5	10.93	20.16	21	2.1	4.2	1.0
12	13	13.43	23.16	24	2.5	6	1.2
(14)	15	15.43	27.16	28	3	5.9	1.5
16	17	17.43	29	30	3.2	6.3	
(18)	19	19.52	33	31	3.3	6.5	
20	21	21.52	35	36	3.7	7.4	16
(22)	23	23.52	39	40	3.9	7.8	1.8
24	25	25.52	43	44	4.1	8.2	
(27)	28	28.52	49	50	4.7	9.4	2
30	31	31.62	54.8	56	5	10	

注：尽可能不采用括号内的规格。

表 8-76　鞍形弹性垫圈（GB/T 7245—1987）　　（mm）



标记示例

规格为 16mm，材料为 65Mn，表面氧化的鞍形弹簧垫圈的标记为：

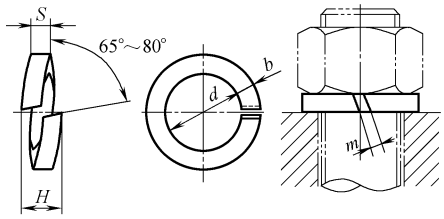
垫圈 GB/T 7245—1987　16

（续）

规格（螺纹大径）	d		H		S			b		
	min	max	min	max	公称	min	max	公称	min	max
3	3.1	3.4	1.1	1.3	0.6	0.52	0.68	1	0.9	1.1
4	4.1	4.4	1.2	1.4	0.8	0.70	0.90	1.2	1.1	1.3
5	5.1	5.4	1.5	1.7	1.1	1	1.2	1.5	1.4	1.6
6	6.1	6.68	2	2.2	1.3	1.2	1.4	2	1.9	2.1
8	8.1	8.68	2.45	2.75	1.6	1.5	1.7	2.5	2.35	2.65
10	10.2	10.9	2.85	3.15	2	1.9	2.1	3	2.85	3.15
12	12.2	12.9	3.35	3.65	2.5	2.35	2.65	3.5	3.3	3.7
(14)	14.2	14.9	3.9	4.3	3	2.85	3.15	4	3.8	4.2
16	16.2	16.9	4.5	5.1	3.2	3	3.4	4.5	4.3	4.7
(18)	18.2	19.04	4.5	5.1	3.6	3.4	3.8	5	4.8	5.2
20	20.2	21.04	5.1	5.9	4	3.8	4.2	5.5	5.3	5.7
(22)	22.5	23.34	5.1	5.9	4.5	4.3	4.7	6	5.8	6.2
24	24.5	25.5	6.5	7.5	5	4.8	5.2	7	6.7	7.3
(27)	27.5	28.5	6.5	7.5	5.5	5.3	5.7	8	7.7	8.3
30	30.5	31.5	9.5	10.5	6	5.8	6.2	9	8.7	9.3

注：尽可能不采用括号内的规格。

表 8-77　重型弹簧垫圈（GB/T 7244—1987）　　（mm）



标记示例

规格为 16mm，材料为 65Mn，表面氧化的重型弹簧垫圈的标记为：

垫圈 GB/T 7244—1987　16

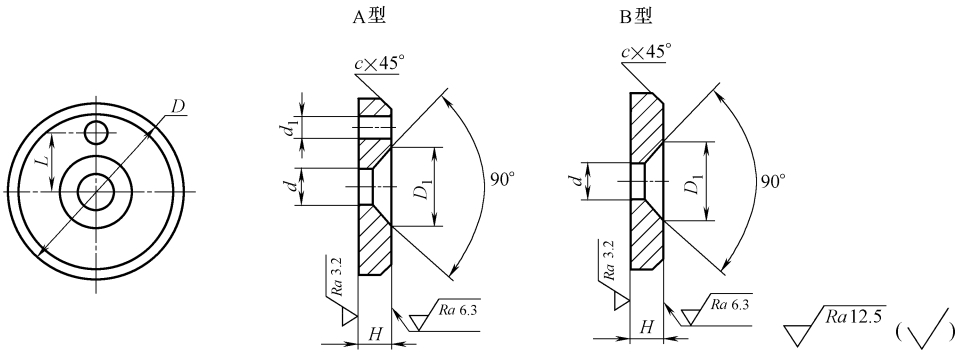
规格（螺纹大径）	d		S			b			H		m
	min	max	公称	min	max	公称	min	max	min	max	≤
6	6.1	6.68	1.8	1.65	1.95	2.6	2.45	2.75	3.6	4.5	0.9
8	8.1	8.68	2.4	2.25	2.55	3.2	3	3.4	4.8	6	1.2
10	10.2	10.9	3	2.85	3.15	3.8	3.6	4	6	7.5	1.5
12	12.2	12.9	3.5	3.3	3.7	4.3	4.1	4.5	7	8.75	1.75
(14)	14.2	14.9	4.1	3.9	4.3	4.8	4.6	5	8.2	10.25	2.05
16	16.2	16.9	4.8	4.6	5	5.3	5.1	5.5	9.6	12	2.4
(18)	18.2	19.04	5.3	5.1	5.5	5.8	5.6	6	10.6	13.25	2.65
20	20.2	21.04	6	5.8	6.2	6.4	6.1	6.7	12	15	3
(22)	22.5	23.34	6.6	6.3	6.9	7.2	6.9	7.5	13.2	16.5	3.3
24	24.5	25.5	7.1	6.8	7.4	7.5	7.2	7.8	14.2	17.75	3.55
(27)	27.5	28.5	8	7.7	8.3	8.5	8.2	8.8	16	20	4
30	30.5	31.5	9	8.7	9.3	9.3	9	9.6	18	22.5	4.5
(33)	33.5	34.7	9.9	9.6	10.2	10.2	9.9	10.5	19.8	24.75	4.95
36	36.5	37.7	10.8	10.5	11.1	11	10.7	11.3	21.6	27	5.4

注：1. 尽可能不采用括号内的规格。

2. m 应大于零。

6. 挡圈（见表 8-78 ~ 表 8-83）

表 8-78　螺钉紧固轴端挡圈（GB/T 891—1986）　　（mm）



技术条件按 GB/T 959.3—1986 规定。

标记示例

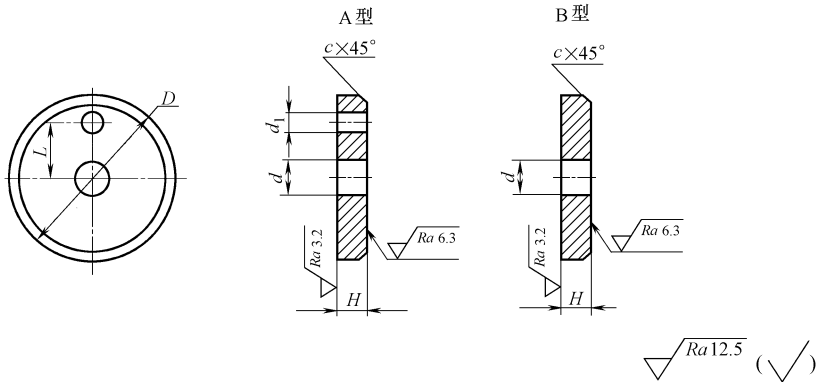
公称直径 $D=45$mm，材料为 Q235，不经表面处理的 A 型螺钉紧固轴端挡圈的标记示例：

挡圈 GB/T 891—1986　45

轴径 ≤	公称直径 D	H		L		d	d_1	D_1	c	螺钉 GB 819（推荐）	圆柱销 GB 119（推荐）
		公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差						
14	20	4	0 −0.30	—	±0.11	5.5	2.1	11	0.5	M5×12	A2×10
16	22	4		—							
18	25	4		—							
20	28	4		7.5							
22	30	4		7.5							
25	32	5		10		6.6	3.2	13	1	M6×16	A3×12
28	35	5		10							
30	38	5		10							
32	40	5		12	±0.135						
35	45	5		12							
40	50	5		12							
45	55	6		16		9	4.2	17	1.5	M8×20	A4×14
50	60	6		16							
55	65	6		16							
60	70	6		20	±0.165						
65	75	6		20							
70	80	6		20							
75	90	8	0 −0.36	25		13	5.2	25	2	M12×25	A5×16
85	100	8		25							

注：当挡圈装在带螺纹孔的轴端时，紧固用螺钉允许加长。

表 8-79　螺栓紧固轴端挡圈（GB/T 892—1986）　　（mm）



技术条件按 GB/T 959.3—1986 规定。

标记示例

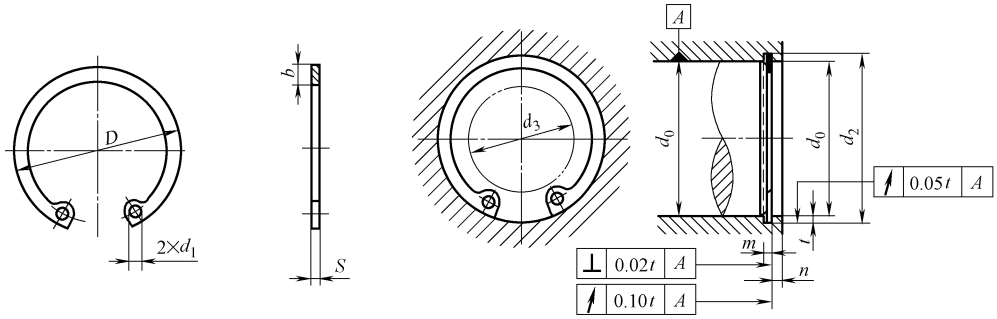
公称直径 $D=45$mm，材料为 Q235，不经表面处理的 A 型螺栓紧固轴端挡圈的标记为：

挡圈　GB/T 892—1986　45

轴径 ≤	公称直径 D	H		L		d	d_1	c	螺栓 GB 5783（推荐）	圆柱销 GB 119（推荐）	垫圈 GB 93（推荐）
		公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差						
14	20	4	0 −0.30	—	±0.11	5.5	2.1	0.5	M5×16	A2×10	5
16	22	4		—							
18	25	4		—							
20	28	4		7.5							
22	30	4		7.5							
25	32	5		10		6.6	3.2	1	M6×20	A3×12	6
28	35	5		10							
30	38	5		10							
32	40	5		12	±0.135						
35	45	5		12							
40	50	5		12							
45	55	6		16		9	4.2	1.5	M8×25	A4×14	8
50	60	6		16							
55	65	6		16							
60	70	6		20	±0.165						
65	75	6		20							
70	80	6		20							
75	90	8	0 −0.36	25		13	5.2	2	M12×30	A5×16	12
85	100	8		25							

注：当挡圈装在带螺纹孔的轴端时，紧固用螺栓允许加长。

表 8-80　孔用弹性挡圈 A 型（GB/T 893.1—1986）　　（mm）



注：d_3— 允许套入的最大轴径。

技术条件按 GB 959.1—1986 规定。

标记示例

孔径 d_0 = 50mm，材料 65Mn，热处理硬度 44 ~ 51HRC，经表面氧化处理的 A 型孔用弹性挡圈标记为：

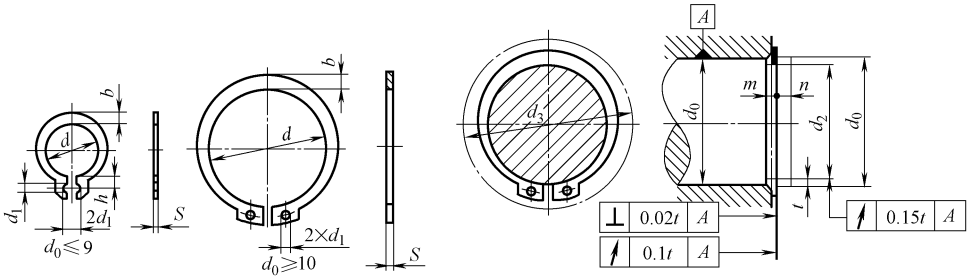
挡圈 GB/T 893.1—1986　50

孔径 d_0	挡圈						沟槽（推荐）					轴 d_3 ≤
	D		S		b ≈	d_1	d_2		m		n ≥	
	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差			公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
8	8.7	+0.36 −0.10	0.6	+0.04 −0.07	1	1	8.4	+0.09 0	0.7	+0.14 0	0.6	2
9	9.8				1.2		9.4					
10	10.8		0.8	+0.04 −0.10	1.7	1.5	10.4	+0.11 0	0.9			
11	11.8						11.4					3
12	13						12.5				0.9	4
13	14.1					1.7	13.6					
14	15.1		1	+0.05 −0.13	2.1		14.6		1.1			5
15	16.2						15.7				1.2	6
16	17.3						16.8					7
17	18.3	+0.42 −0.13					17.8					8
18	19.5						19	+0.13 0			1.5	9
19	20.5				2.5	2	20					10
20	21.5						21					
21	22.5						22					11
22	23.5						23					12
24	25.9	+0.42 −0.21	1.2				25.2	+0.21 0	1.3		1.8	13
25	26.9				2.8		26.2					14
26	27.9						27.2					15
28	30.1	+0.50 −0.25			3.2		29.4				2.1	17
30	32.1						31.4	+0.25 0				18
31	33.4					2.5	32.7				2.6	19
32	34.4						33.7					20
34	36.5		1.5	+0.06 −0.15	3.6		35.7		1.7			22
35	37.8						37				3	23
36	38.8						38					24
37	39.8						39					25
38	40.8						40					26
40	43.5	+0.90 −0.39			4		42.5				3.8	27
42	45.5					3	44.5					29
45	48.5				4.7		47.5					31
47	50.5	+1.10 −0.46					49.5					32

（续）

孔径 d_0	挡圈						沟槽(推荐)					轴 d_3 ≤
	D		S		b ≈	d_1	d_2		m		n ≥	
	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差			公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
48	51.5	+1.10 -0.46	1.5	+0.06 -0.15	4.7	3	50.5	+0.30 0	1.7	+0.14 0	3.8	33
50	54.2		2	+0.06 -0.18			53		2.2		4.5	36
52	56.2						55					38
55	59.2						58					40
56	60.2				5.2		59					41
58	62.2						61					43
60	64.2						63					44
62	66.2						65					45
63	67.2						66					46
65	69.2		2.5	+0.07 -0.22			68		2.7			48
68	72.5				5.7		71					50
70	74.5						73					53
72	76.5						75					55
75	79.5				6.3		78					56
78	82.5	+1.30 -0.54					81	+0.35 0				60
80	85.5				6.8		83.5				5.3	63
82	87.5						85.5					65
85	90.5						88.5					68
88	93.5				7.3		91.5					70
90	95.5						93.5					72
92	97.5				7.7		95.5					73
95	100.5						98.5					75
98	103.5						101.5					78
100	105.5						103.5					80
102	108		3		8.1	4	106	+0.54 0	3.2	+0.18 0	6	82
105	112						109					83
108	115				8.8		112					86
110	117						114					88
112	119				9.3		116					89
115	122	+1.50 -0.63					119					90
120	127						124	+0.63 0				95
125	132				10		129					100
130	137				10.7		134					105
135	142						139					110
140	147						144					115
145	152				10.9		149					118
150	158						155				7.5	121
155	164				11.6		160					125
160	169						165					130
165	174.5				11.8		170					136
170	179.5				12.3		175					140
175	184.5	+1.70 -0.72			12.7		180					142
180	189.5				12.8		185	+0.72 0				145
185	194.5				12.9		190					150
190	199.5				13.1		195					155
195	204.5						200					157
200	209.5				13.2		205					165

表 8-81　轴用弹性挡圈—A 型（GB/T 894.1—1986）　　（mm）



标记示例

轴径为 50，材料为 65Mn，经热处理 44～51HRC，表面氧化处理的 A 型轴用挡圈标记为：

挡圈 GB/T 894.1—1986　50

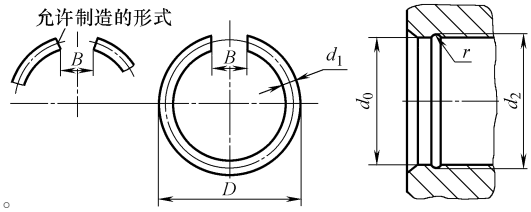
轴径 d_0	挡圈							沟槽（推荐）					孔 d_3 ≥
	d		S		b ≈	d_1	h	d_2		m		n ≥	
	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差				公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
3	2.7	+0.04 −0.15	0.4	+0.03 −0.06	0.8	1	0.95	2.8	0 −0.04	0.5	+0.14 0	0.3	7.2
4	3.7				0.88		1.1	3.8	0 −0.048				8.8
5	4.7		0.6	+0.04 −0.07	1.12		1.25	4.8		0.7			10.7
6	5.6				1.32	1.2	1.35	5.7				0.5	12.2
7	6.5	+0.06 −0.18					1.55	6.7	0 −0.058				13.8
8	7.4		0.8	+0.04 −0.10			1.60	7.6		0.9		0.6	15.2
9	8.4				1.44		1.65	8.6					16.4

轴径 d_0	挡圈						沟槽（推荐）					孔 d_3 ≥
	d		S		b ≈	d_1	d_2		m		n ≥	
	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差			公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
10	9.3	+0.10 −0.36	1	+0.05 −0.13	1.44	1.5	9.6	0 −0.058	1.1	+0.14 0	0.6	17.6
11	10.2				1.52		10.5	0 −0.11			0.8	18.6
12	11				1.72		11.5					19.6
13	11.9				1.88	1.7	12.4				0.9	20.8
14	12.9						13.4					22
15	13.8				2.00		14.3				1.1	23.2
16	14.7				2.32		15.2				1.2	24.4
17	15.7				2.48		16.2					25.6
18	16.5						17				1.5	27
19	17.5					2	18					28
20	18.5	+0.13 −0.42			2.68		19	0 −0.13				29
21	19.5						20					31
22	20.5						21					32
24	22.2	+0.21 −0.42			3.32		22.9	0 −0.21	1.3		1.7	34
25	23.2		1.2				23.9					35
26	24.2						24.9					36
28	25.9				3.60		26.6				2.1	38.4
29	26.9				3.72		27.6					39.8
30	27.9						28.6					42
32	29.6				3.92	2.5	30.3	0 −0.25			2.6	44
34	31.5	+0.25 −0.50	1.5	+0.06 −0.15	4.32		32.3		1.7			46
35	32.2				4.52		33				3	48

（续）

轴径 d_0	挡圈						沟槽(推荐)					孔 d_3 ≤
	d		S		b ≈	d_1	d_2		m		n ≥	
	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差			公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
36	33.2	+0.25 −0.50	1.5	+0.06 −0.15	4.52	2.5	34	0 −0.25	1.7	+0.14 0	3	49
37	34.2						35					50
38	35.2				5.0		36					51
40	36.5	+0.39 −0.90					37.5				3.8	53
42	38.5					3	39.5					56
45	41.5						42.5					59.4
48	44.5						45.5					62.8
50	45.8		2	+0.06 −0.18	5.48		47		2.2		4.5	64.8
52	47.8						49					67
55	50.8	+0.46 −1.10			6.12		52	0 −0.30				70.4
56	51.8						53					71.7
58	53.8						55					73.6
60	55.8						57					75.8
62	57.8						59		2.7			79
63	58.8		2.5	+0.07 −0.22			60					79.6
65	60.8						62					81.6
68	63.5				6.32		65					85
70	65.5						67					87.2
72	67.5						69					89.4
75	70.5						72					92.8
78	73.5						75					96.2
80	74.5				7.0		76.5				5.3	98.2
82	76.5						78.5					101
85	79.5						81.5	0 −0.35				104
88	82.5	+0.54 −1.30					84.5					107.3
90	84.5				7.6		86.5					110
95	89.5				9.2		91.5					115
100	94.5						96.5		3.2			121
105	98		3		10.7		101	0 −0.54		+0.18 0	6	132
110	103				11.3	4	106					136
115	108				12		111					142
120	113						116					145
125	118				12.6		121	0 −0.63				151
130	123	+0.63 −1.50					126					158
135	128				13.2		131					162.8
140	133						136					168
145	138						141					174.4
150	142				14		145				7.5	180
155	146						150					186
160	151						155					190
165	155.5				14.4		160					195
170	160.5						165					200
175	165.5				15		170					206

表 8-82　孔用钢丝挡圈（GB/T 895.1—1986）　　（mm）



技术条件按 GB/T 959.2—1986 规定。

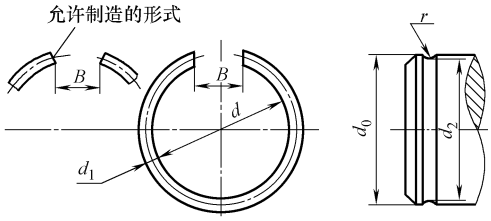
标记示例

孔径 d_0 = 40mm，材料为碳素弹簧钢丝，经低温回火及表面氧化处理的孔用钢丝挡圈的标记为：

挡圈 GB/T 895.1—1986　40

孔径 d_0	挡圈				沟槽（推荐）		
	D		d_1	B ≈	r	d_2	
	公称尺寸	极限偏差				公称尺寸	极限偏差
7	8.0	+0.22 0	0.8	4	0.5	7.8	±0.045
8	9.0					8.8	
10	11.0	+0.43 0				10.8	±0.055
12	13.5		1.0	6	0.6	13.0	
14	15.5					15.0	
16	18.0		1.6	8	0.9	17.6	
18	20.0	+0.52 0				19.6	±0.065
20	22.5		2.0	10	1.1	22.0	±0.105
22	24.5					24.0	
24	26.5					26.0	
25	27.5					27.0	
26	28.5					28.0	
28	30.5	+0.62 0				30.0	
30	32.5					32.0	±0.125
32	35.0		2.5	12	1.4	34.5	
35	38.0	+1.00 0				37.6	
38	41.0					40.6	
40	43.0					42.6	
42	45.0			16		44.5	
45	48.0					47.5	
48	51.0	+1.20 0				50.5	±0.150
50	53.0					52.5	
55	59.0		3.2	20	1.8	58.2	
60	64.0					63.2	
65	69.0					68.2	
70	74.0			25		73.2	
75	79.0					78.2	
80	84.0	+1.40 0				83.2	±0.175
85	89.0					88.2	
90	94.0					93.2	
95	99.0					98.2	
100	104.0			32		103.2	
105	109.0					108.2	
110	114.0					113.2	
115	119.0					118.2	
120	124.0	+1.60 0				123.2	±0.200
125	129.0					128.2	

表 8-83　轴用钢丝挡圈（GB/T 895.2—1986）　　（mm）



技术条件按 GB/T 959.2—1986 规定。

标记示例

孔径 d_0 =40mm，材料为碳素弹簧钢丝，经低温回火及表面氧化处理的轴用钢丝挡圈的标记示例为：

挡圈 GB/T 895.2—1986　40

轴径 d_1	挡圈				沟槽(推荐)		
	d		d_1	B ≈	r	d_2	
	公称尺寸	极限偏差				公称尺寸	极限偏差
1	3	0 -0.18	0.6	1	0.4	3.4	±0.037
5	4					4.4	
6	3					5.4	
7	6	0 -0.22	0.8	2	0.5	6.2	±0.045
8	7					7.2	
10	9					9.2	
12	10.5	0 -0.47	1.0	3	0.6	11.0	±0.055
14	12.5					13.0	
16	14.0		1.6		0.9	14.4	
18	16.0					16.4	
20	17.5		2.0		1.1	18.0	0.09
22	19.5	0 -0.52				20.0	±0.105
24	21.5					22.0	
25	22.5					23.0	
26	23.5					24.0	
28	25.5					26.0	
30	27.5					28.0	
32	29.0		2.5	4	1.4	29.5	
35	32.0	0 -1.00				32.5	±0.125
38	35.0					35.5	
40	37.0					37.5	
42	39.0					39.5	
45	42.0					42.5	
48	45.0					45.5	
50	47.0					47.5	
55	51.0	0 -1.20	3.2		1.8	51.8	±0.15
60	56.0					56.8	
65	61.0					61.8	
70	66.0			5		66.8	
75	71.0					71.8	
80	76.0					76.8	
85	81.0	0 -1.40				81.8	±0.175
90	86.0					86.8	
95	91.0					91.8	

（续）

轴径 d_1	挡圈				沟槽(推荐)		
	d		d_1	B ≈	r	d_2	
	公称尺寸	极限偏差				公称尺寸	极限偏差
100	96.0	0 -1.40	3.2	5	1.8	96.8	±0.175
105	101.0					101.8	
110	106.0					106.8	±0.20
115	111.0					111.8	
120	116.0					116.8	
125	121.0	0 -1.60				121.8	±0.20

8.2　键连接

8.2.1　基本设计计算方法

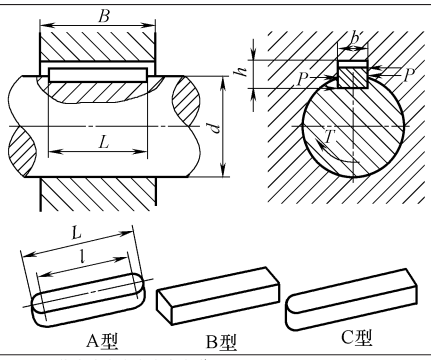
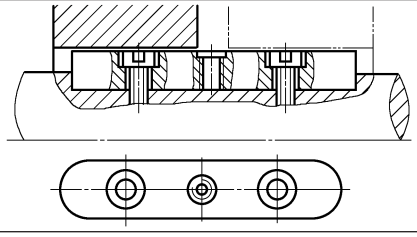
8.2.1.1　键连接的类型特点及应用

键用于连接轴与带毂的零件，例如齿轮、蜗轮、带轮、链轮等，做零件的周向固定并传递转矩。键连接是可拆连接，键是标准件，设计时可按工作要求选用适当的类型和尺寸，必要时做强度校核计算。

键连接按不同的装配形式可分为两大类，即松连接和紧连接，松连接是靠侧面挤压工作的，工程中用得较多。松连接根据用途分为平键和半圆键，平键又分为普通平键、导向键及滑键。平键连接的特点是：装拆方便，零件对中性好，容易制造，作用可靠，多用于高精度连接。但只能作圆周方向固定，不能承受轴向力。紧连接分为楔键、斜键和切向键连接，这种连接对中性较差，有偏心，不能作为高速和精度要求高的连接。

键连接的主要分类特点如表 8-84 所示。

表 8-84　键连接的主要类型

类型		结　构　图	特点和应用
平键连接	普通平键（静连接）		键的上表面与毂不接触有间隙，侧面与槽轴及轮毂槽间为配合尺寸，两侧面为工作面，靠键与槽的挤压和键的剪切传递扭矩 A 型圆头平键连接轴上的槽用指状铣刀加工，因此键与槽同形，定位好，工程上最常用。由于指状铣刀圆角半径小，轴槽应力集中较大，降低了轴的疲劳强度 B 型键用盘铣刀进行加工，盘铣刀圆角半径大，因此键与槽不同形，轴向定位效果不好，但是对轴槽的应力集中小。轮毂槽用拉刀或插刀进行加工 C 型键是 A 型圆头平键的一部分。用于轴端以便于拆卸
	导向平键		如果轴上的零件需要在轴上移动时，可采用导向平键连接，即键用螺钉固定在轴槽中，键不动，轮毂轴向移动，如左图所示。导向键为动连接

（续）

类型		结　构　图	特点和应用
平键连接	滑键		键用螺钉固定在毂槽中，轴可以沿键移动称为滑键，如左图所示。滑键为动连接
半圆键连接			半圆键连接如左图所示，轴槽用与半圆键形状相同的铣刀加工，键能在槽中绕几何中心摆动，键的侧面为工作面，工作时靠其侧面的挤压来传递转矩 半圆键连接的特点是：工艺性好，装配方便，尤其适用于锥形轴与轮毂的连接 缺点：轴槽对轴的强度削弱较大。只适宜轻载连接
楔键连接		1:100 普通楔键　钩头楔键	楔键连接靠键的上下表面与毂孔及轴槽之间的楔紧产生的摩擦力传递扭矩，并可传递不大的单向轴向力。分为普通楔键和钩头楔键两种，如左图所示，普通楔键也有圆头、方头及单圆头三种。上、下面为工作表面，有 1:100 斜度（侧面有间隙） 特点：适用于低速轻载、精度要求不高。这种连接对中性较差，有偏心，不适用于高速和精度要求高的连接，变载工况下易松动。钩头只用于轴端连接，且为了安全要罩上。如在中间使用，则键槽应比键长 2 倍才能装入
切向键连接		工作面　120° ∠1:100 切向键	切向键连接是由两个斜度为 1:100 的楔键组成，靠工作面与轴及轮毂相挤压来传递扭矩，如左图所示。切向键的上、下两面为工作面，布置在圆周的切向。一个切向键连接只能单向传动。如果要求双向传动时，必须用两个切向键且成 120°布置，以便不至于严重削弱轴与轮毂的强度。因为键槽对轴削弱较大，因此适于 $d>100$mm 的轴，且对中要求不高时采用
花键连接		B　D　d　矩形花键 30°　D_b　D　渐开线花键 45°　D_b　D　细齿渐开线花键	花键连接是由带有多个纵向键齿的轴（外花键）与毂孔（内花键）组成的，如左图所示，花链可视为由多个平键组成，键齿侧面为工作面。依靠内、外花键齿侧面的相互挤压传递转矩 根据齿形，分为矩形花键、渐开线花键及细齿渐开线花键 花键可用于静连接，也可用于动连接

8.2.1.2　平键连接

1. 强度计算公式

平键连接是靠两个侧面进行工作的，因此平键连接的主要失效形式为：侧面压溃、键的剪断（静连接）和磨损（动连接），压溃和磨损是平键的主要失效形式。键的受力如表 8-84 所示，键连接的抗压强度计算为

$$\sigma_p=\frac{\frac{T}{\frac{d}{2}}}{\frac{h}{2}l'}=\frac{4T}{dhl'}\leqslant[\sigma_p]$$

平键连接的抗剪强度计算为

$$\tau=\frac{\frac{T}{\frac{d}{2}}}{bl'}=\frac{2T}{dbl'}\leqslant[\tau]$$

式中　h——键的高度（mm）；

h'——键与毂槽的接触高度（mm），$h'\approx0.5h$；

l'——键的工作长度（mm），对于圆头平键：$l'=L-b$，对于方头平键：$l'=L$；

d——轴的直径（mm）；

$[\sigma_p]$——许用挤压应力（MPa），如为动连接时，改为压强 $[p]$，见表 8-85；

$[\tau]$——许用切应力（MPa），静载时可取 120MPa，冲击静载时可取 60MPa。

表 8-85　键连接的许用应力　（MPa）

连接的工作方式	连接中较弱材料	$[\sigma_p]$ 或 $[p]$		
		静载荷	轻微冲击载荷	冲击载荷
静连接时 $[\sigma_p]$	锻钢、铸钢	125～150	100～120	60～90
	铸铁	70～80	50～60	30～45
动连接时 $[p]$	锻钢、铸钢	50	40	30

2. 平键连接的设计

平键已标准化，设计时先选择平键类型、尺寸，然后再进行强度验算。具体方法是：

（1）类型选择

键的类型应根据键连接的结构、使用要求和工作状况来选择。选择时应考虑传递转矩的大小、连接的对中性要求，是否要求轴向固定，轴上的零件是否需要沿轴向滑动等。如果滑动，与滑动距离的长短以及键在轴上的位置（在轴的中部还是端部）等都有关。

（2）确定键长

由轴段长（或毂宽）选键长，即由键所在的轴段长减掉 3～8mm 左右，使键槽离开阶梯轴的直径变化处，以避免该截面产生过大的应力集中，并且按标准（GB/T 1096—2003）选出接近的标准键的长度 L 作为设计长度。

（3）确定键宽

由键所在轴的截面尺寸即轴径 d 按标准（GB 1095—1979㊀）选择键的宽度 b 及键高 h。

㊀ GB/T 1095—1979 已经被 GB/T 1095—2003 替代，但新标准未给出轴径与键的对应关系。

（4）验算强度

选好尺寸后核算键的挤压强度，必要时可核算键的剪切强度，如果强度不够时，可采用双键连接。

如果选用了双键，应成 180°布置以使受力均匀，双键在进行强度计算时，按 1.5 个键计算以考虑安全。如果选用双键后强度还不够，可考虑增大轴径，或改选键的类型，或增大键长，但轮毂太长受力会不均匀，因此，最好的办法是改用花键连接。

8.2.1.3 花键连接

1. 特点和分类

花键与其他键连接相比有以下优点：键齿多，总接触面积较大，因而可承受较大的载荷；花键齿槽浅、齿根应力集中小，对轴的强度削弱较小；键齿对称布置，分布均匀，受力均匀。轴上零件与轴的对中性好；导向性好，适合于载荷较大、对定心要求高的连接，适用于动、静连接。因此，在机械制造业中得到了非常广泛的应用。

花键连接的缺点：与平键相比结构比较复杂，故需要专用的设备和刀具进行加工，成本较高。

花键连接按齿形可分为两类：矩形花键和渐开线花键（表 8-84）。

矩形花键制造容易、应用广泛，按齿高的不同分轻、中两个系列，已标准化。其定心方式国家标准规定为内径定心，即外花键和内花键的小径为配合面。制造时，轴和毂上的结合面都要经过磨削，定心精度高，定心稳定性好，表面硬度高于 40HRC。目前生产中，还有按旧标准生产的用外径定心和侧面定心的矩形花键连接。外径定心时，轴、孔加工简单，孔可拉削，但硬度过高时拉不动，一般用于硬度低于 40HRC 的情况。侧面定心精度不高，但载荷分布均匀，承载能力高，但零件易移动，侧面易磨损，使对中性变坏，适于定心要求不高的重载连接（静连接）。

渐开线花键齿廓为渐开线，分度圆压力角有 $\alpha=30°$ 和 $\alpha=45°$ 两种，分别见表 8-84，后者也称细齿渐开线花键或三角形花键，齿高较小，多用于薄壁容器。渐开线花键齿顶高有两种，分别为 $0.5m$ 和 $0.4m$（m 为模数），可用齿轮机床进行加工，工艺性较好，制造精度高，齿根圆角大，应力集中小，易于对心。但加工花键孔用渐开线拉刀，制造复杂，成本高，适宜于传递大转矩，大直径的轴。

渐开线花键的定心方式为齿形定心，当齿受力时，齿上的径向力能起到自动定心的作用，因此定心性优于矩形花键。

2. 强度计算

花键连接的强度计算与平键连接相类似，即：根据使用要求和连接的结构特点，选定花键连接的类型和尺寸，再进行必要的强度校核计算。花键连接的受力情况以表 8-84 所示图的矩形花键为例进行分析，因为花键靠侧面进行工作，因此其主要失效形式仍然是键齿的压溃（静连接）或磨损（动连接）。所以一般只进行挤压强度（静连接）或耐磨性动连接）验算：

静连接：
$$\sigma_p=\frac{T}{r_m hl'k}\leqslant[\sigma_p]$$

动连接：
$$p=\frac{T}{r_m hl'k}\leqslant[p]$$

式中　r_m——半径平均值，$r_m=\frac{r_{内}+r_{外}}{2}=\frac{d/2+D/2}{2}=\frac{D+d}{4}$；

h——工作高度，$h=\frac{D-d}{2}-2C$；

C——为倒角尺寸（mm）；

$[\sigma_p]$——许用挤压应力（MPa），见表 8-86；

$[p]$——压强（MPa），见表 8-86。

表 8-86　花键连接的许用挤压应力 $[\sigma_p]$ 和压强 $[p]$　（MPa）

连接工作方式		工作条件	许用应力	齿面未经热处理	齿面经热处理
静连接		不良 中等 良好	$[\sigma_p]$	35～55 60～100 80～120	40～70 100～140 120～200
动连接	不在载荷下移动	不良 中等 良好	$[p]$	15～20 20～30 25～40	20～35 30～60 40～70
	在载荷下移动	不良 中等 良好		— — —	3～10 5～15 10～20

注：1. 工作条件不良是指受变载荷、有双向冲击、振动频率高和振幅大、润滑不良（动连接）、材料硬度不高或精度不高等；

2. 同一情况下，$[\sigma_p]$ 或 $[p]$ 的较小值用于工作时间长和较重要的场合。

8.2.1.4　键连接的设计计算实例

实例 1　如图 8-12 所示：在一个直径 $d=80$mm 的轴上，安装一个钢制圆柱齿轮，齿轮宽（即轮毂宽）$L=1.5d$，工作时有轻微冲击，试确定平键的尺寸，选择平键类型，并计算该平键能传递的最大扭矩。

解：

（1）确定键的剖面尺寸

查 GB/T 1095—1979：平键键槽剖面尺寸，按 $d=80$mm，选用平键的剖面尺寸：宽和高（$b\times h$）为 22×14。

（2）确定键的长度

齿轮轮毂宽 $L=1.5d=1.5\times80\text{mm}=120\text{mm}$，为了使右面的套筒可靠地顶住齿轮，因此取轴段长小于轮毂宽，即取轴段长为 $L=L'-2\text{mm}=118\text{mm}$。考虑键长应小于轴段长，以避免两个有直径过渡的轴截面上，再增加由开键槽产生的应力集中，因此每一边缩进 3mm，初选键长为 $L=(118-6)\text{mm}=112\text{mm}$，查普通平键（表 8-89 注 3），标准系列的键长没有 112mm，因此选键长为 $L=110$mm（标准系列）。

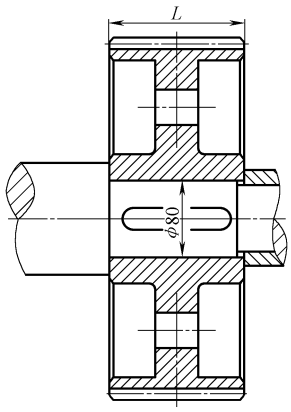


图 8-12　例题 1 图

（3）选择键的类型

为了键能在轴上很好定位，因此选用 A 型键（双圆头），键的工作长度应该是直段长度，去掉两个圆头（即键宽），因此键的工作长度为：$l=L-b=(110-22)\text{mm}=88\text{mm}$。

（4）计算平键能传递的最大转矩

式中许用挤压应力 $[\sigma_p]$ 见表 8-85，由题目已知条件：钢制圆柱齿轮，因此齿轮轮毂

为钢；按一般规律，取键和轴的材料也是钢，并按静连接、轻微冲击考虑，本题取［σ_p］= 100MPa。

按挤压强度：$\sigma_p = \frac{4T}{dhl} \leqslant$［$\sigma_p$］得：

$$T_{max} \leqslant ([\sigma_p] \times d \times h \times l)/4$$
$$\leqslant (100 \times 80 \times 14 \times 88)/4\text{N} \cdot \text{mm} = 2464 \times 10^3 \text{N} \cdot \text{mm}$$

实例 2 有一个铸铁直齿圆柱齿轮与一个钢轴用键构成静连接，齿轮为 8 级精度。装齿轮处的轴径为 60mm，齿轮轮毂宽为 95mm。该键连接传递的转矩为 840N · m，载荷平稳。要求设计此键连接，包括：

（1）选择键的类型；

（2）选择键的长度；

（3）确定键的剖面尺寸；

（4）验算键的强度。

解：

（1）选择键的类型：因为是 8 级精度的齿轮，因此要求一定的定心性，可选用平键连接。由于是静连接，因此选用普通平键，考虑定位好而选用了 A 型键（圆头），取键的材料为 45 钢。

（2）选择键的长度：一般键长不是由强度计算而得，因为按强度计算出来的键长可能很短，不利于轴毂的装配。在设计中，首先由轮毂宽（或装轮毂的轴段长）来确定键长，然后再进行强度验算。

由题目给出：齿轮轮毂宽度 95mm，因此键所在的阶梯轴的轴段长应当比轮毂宽度略短（有利于齿轮的轴向定位），初选轴段长为 90mm；查表 8-89 注 3，选标准键长 $l = 80$mm。

（3）确定键的剖面尺寸：设计时由轴径确定键的剖面尺寸：查普通平键 GB/T 1095—1979：当轴径为 $d = 58 \sim 65$mm 时，键的剖面尺寸为：宽度 $b = 18$mm，高度 $h = 11$mm。

（4）验算键的强度：注意验算强度时，应按键的有效接触长度（去掉两个圆头）代入公式，即：$l' = L - b = (80 - 18)\text{mm} = 62\text{mm}$。又因为键的材料是钢，而轮毂的材料为铸铁，因此应该按较弱材料查许用应力：由表 8-85 键连接的许用应力：按静连接、铸铁查，许用挤压应力［σ_p］= 80MPa（载荷平稳，故取大值）。

验算键连接的挤压强度：

$$\sigma_p = \frac{4T}{dhl'} = \frac{4 \times 840 \times 10^3}{60 \times 11 \times 62}\text{MPa} \approx 82\text{MPa} > [\sigma_p] = 80\text{MPa}$$

连接的挤压强度不够，铸铁的轮毂可能被压溃。

补救措施：考虑到实际压应力与许用压应力相差有限，可采取适当增大键长或改用方头键的方法，这样键的全长都与毂上的键槽相接触，就能满足强度要求。但是，为了不改动齿轮轮毂和轴的径向尺寸，并考虑到圆头键在轴槽中固定较牢，决定改选 $L = 90$mm 的圆头普通平键，键的有效接触长度 $l' = L - b = (90 - 18\text{mm}) = 72\text{mm}$，代入强度公式：

$$\sigma_p = \frac{4T}{dhl'} = \frac{4 \times 840 \times 10^3}{60 \times 11 \times 72}\text{MPa} \approx 71\text{MPa} < [\sigma_p] = 80\text{MPa}$$

说明键连接的挤压强度满足要求。

验算平键连接的抗剪强度计算：

$$\tau=\frac{2T}{dbl'}=\frac{2\times840\times10^3}{60\times18\times72}\text{MPa}\approx22\text{MPa}<<[\tau]=120\text{MPa}$$

说明键的抗剪强度远远满足要求，因此一般也可以省略剪切强度的验算。

实例 3　经设计计算，某减速器输出轴的轴径 $d=58\text{mm}$，试分别在图 8-13a、b 上标注出轴和毂孔的所有尺寸及其极限偏差。注：轴及孔的极限偏差按 GB/T 1800.2—2009。

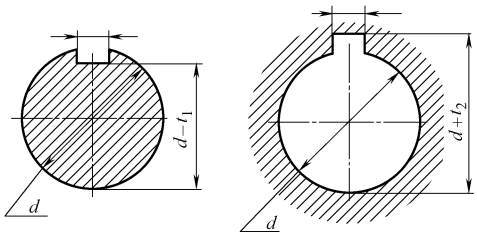


图 8-13　例题 3 图

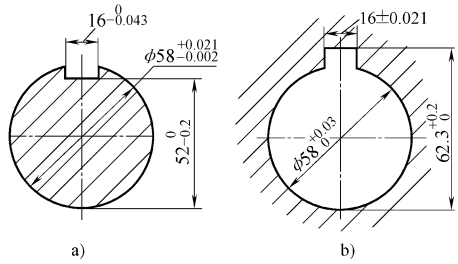


图 8-14　例题 3 答案

解：

（1）确定轴的各几何尺寸

根据轴径 $d=58\text{mm}$，查普通平键（GB/T 1095—1979），键的宽为 $b=16\text{mm}$，键槽剖面尺寸与公差：轴槽深 $t_1=6\text{mm}$，因此：$d-t_1=58-6=52\text{mm}$。

（2）确定轴的各几何尺寸公差

直径极限偏差：根据轴径 $\phi58\text{mm}$，按键连接的一般情况考虑，轴孔配合选用过渡配合 H7/k6，即轴为 $\phi58\text{k6}$，查轴的极限偏差值（GB/T 1800.2—2009）得轴的尺寸偏差为：$\phi58^{0.021}_{-0.002}$。

键槽的宽度 b 极限偏差：根据平键键槽剖面尺寸（GB/T 1095—2003），由键的宽度为 $b=16\text{mm}$，按一般键连接，键槽的宽度 b 极限偏差为 N9，即上下偏差为 0 和 -0.043mm（见表 8-87），表达为$16^{0}_{-0.043}$。

键槽的深度极限偏差：查表 8-87，平键键槽剖面尺寸（GB/T 1095—2003），由键的宽度为 $b=16\text{mm}$，查轴槽深 $t_1=6\text{mm}$，轴槽深 t_1 的公差为 0 及 $+0.2\text{mm}$，但因轴槽深 t_1 不容易测量，为了便于测量，通常用卡尺测（$d-t_1$）的值比较准确，因此图样上一般标注（$d-t_1$）及其公差。根据 GB/T 1095—2003 平键键槽剖面尺寸：轴槽深用（$d-t_1$）标注时，尺寸偏差按相应的 t_1 极限偏差选取，但（$d-t_1$）的偏差应取负号，因此为（$d-t_1$）$^{0}_{-0.2}$，即为：（$d-t_1$）$^{0}_{-0.2}=(58-6)^{0}_{-0.2}=52^{0}_{-0.2}$。键所有尺寸及其极限偏差的标注见图 8-14a。

（3）确定毂孔的各几何尺寸

根据轴径 $d=58\text{mm}$，查 GB/T 1095—2003 平键键槽剖面尺寸，键的宽度为 $b=16\text{mm}$，所以毂槽深 $t_2=4.3\text{mm}$，因此 $d+t_2=(58+4.3)\text{mm}=62.3\text{mm}$。

（4）确定毂孔的各几何尺寸公差

直径极限偏差：根据轴径 $d=58\text{mm}$，按键连接的一般情况考虑，轴孔配合选用过渡配合 H7/k6，查 GB/T 1800.2—2009 孔极限偏差：孔为 58mm，查 H7 的公差值为 0 和 $+0.030$，孔的直径及其极限偏差表达为 $\phi58^{+0.030}_{0}$。

毂槽的宽度 b 极限偏差：查 GB/T 1095—2003 平键键槽剖面尺寸，由键的宽度为 $b=16\text{mm}$，查得毂槽的宽度 b 极限偏差为 JS9，即：$16\pm0.021\text{mm}$。

毂槽的深度极限偏差：查 GB/T 1095—2003 平键键槽剖面尺寸，由键的宽度为 $b=16\text{mm}$，查得毂槽深 $t_2=4.3\text{mm}$，毂槽深 t_2 的公差为 0 及 $+0.2\text{mm}$，但因为毂槽深 t_2 不容易测量，因此一般用内卡尺测（$d+t_2$），尺寸偏差按相应的 t_2 极限偏差选取，因此为 $(d+t_2)^{+0.2}_{0}$，即：$(58+4.3)^{+0.2}_{0}=62.3^{+0.2}_{0}$。

毂孔的所有尺寸及其极限偏差的标注见图 8-14b。

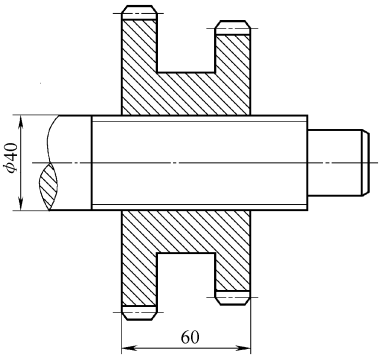


图 8-15　例题 4 图

实例 4　图 8-15 所示为变速箱中的双连滑移齿轮，传递的功率为 $P=4\text{kW}$，转速 $n=250\text{r/min}$。齿轮在空载下移动，工作情况良好。轴与毂的键齿面硬度为 30HRC。要求：

（1）选花键类型；

（2）计算花键尺寸；

（3）校核花键连接的强度。

解：

（1）选择花键类型

因为是一般使用条件，因此选择最常使用的、容易加工的、价格便宜的矩形花键，小径定心。已知轴的直径为 $\phi40\text{mm}$，参考 GB/T 1144—2001 矩形花键尺寸、公差和检验，按 $D=40\text{mm}$，花键副为：

$$8\times36\frac{\text{H7}}{\text{f7}}\times40\frac{\text{H10}}{\text{a11}}\times7\frac{\text{H11}}{\text{d10}}\quad\text{GB/T 1144—2001}$$

（2）计算花键尺寸

1）计算平均直径

$$d_{\text{m}}=\frac{d+D}{2}=\frac{36+40}{2}\text{mm}=38\text{mm}$$

2）求齿侧工作高度

$$h=\left(\frac{D-d}{2}\right)-2C=\left(\frac{40-36}{2}-2\times0.2\right)\text{mm}=1.6\text{mm}$$

（3）校核花键连接的强度

1）计算传递的转矩

$$T=(9.55\times10^6)\times\frac{P}{n}=9.55\times10^6\times\frac{4}{250}\text{N}\cdot\text{mm}=152800\text{N}\cdot\text{mm}$$

2）验算花键的挤压强度

因为是滑移齿轮，因此查表 8-86 花键的许用应力，按动连接查花键的许用压强 $[p]=40\sim70\text{MPa}$（空载移动、工况良好，30HRC），平均压强为：

$$p=\frac{T}{y_{\text{m}}hl'k}=\frac{152800/8}{19\times1.6\times60\times0.75}\text{MPa}=13.96\text{MPa}\leqslant[p]=40\sim70\text{MPa}$$

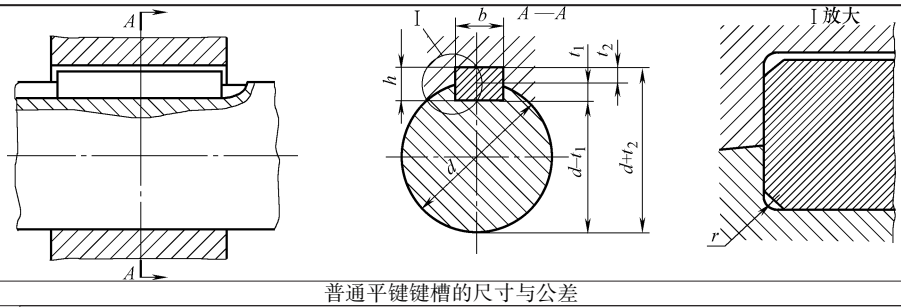
因此连接强度足够。

8.2.2　设计标准及规范

8.2.2.1　平键连接

1. 普通平键（见表 8-87 ~ 表 8-89）

表 8-87　平键　键槽的剖面尺寸（GB/T 1095—2003）　　（mm）

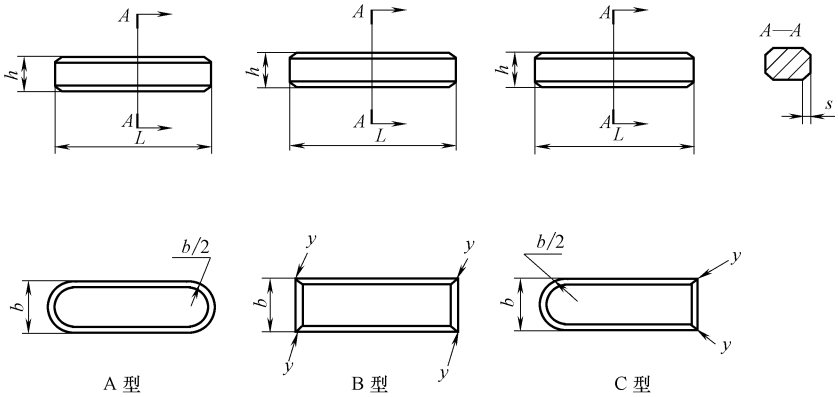


普通平键键槽的尺寸与公差

键尺寸 $b\times h$	键槽											
	宽度 b						深度				半径 r	
	公称尺寸	极限偏差					轴 t_1		毂 t_2			
		正常连接		紧密连接	松连接		公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
		轴 N9	毂 JS9	轴和毂 P9	轴 H9	毂 D10					min	max
2×2	2	−0.004 −0.029	±0.0125	−0.006 −0.031	+0.025 0	+0.060 +0.020	1.2	+0.1 0	1.0	+0.1 0	0.08	0.16
3×3	3						1.8		1.4			
4×4	4	0 −0.030	±0.015	−0.012 −0.042	+0.030 0	+0.078 +0.030	2.5		1.8			
5×5	5						3.0		2.3		0.16	0.25
6×6	6						3.5		2.8			
8×7	8	0 −0.036	±0.018	−0.015 −0.051	+0.036 0	+0.098 +0.040	4.0	+0.2 0	3.3	+0.2 0		
10×8	10						5.0		3.3		0.25	0.40
12×8	12	0 −0.043	±0.0215	−0.018 −0.061	+0.043 0	+0.120 +0.050	5.0		3.3			
14×9	14						5.5		3.8			
16×10	16						6.0		4.3			
18×11	18						7.0		4.4			
20×12	20	0 −0.052	±0.026	−0.022 −0.074	+0.052 0	+0.149 +0.065	7.5		4.9		0.40	0.60
22×14	22						9.0		5.4			
25×14	25						9.0		5.4			
28×16	28						10.0		6.4			
32×18	32	0 −0.062	±0.031	−0.026 −0.088	+0.062 0	+0.180 +0.080	11.0		7.4			
36×20	36						12.0	+0.3 0	8.4	+0.3 0	0.70	1.00
40×22	40						13.0		9.4			
45×25	45						15.0		10.4			
50×28	50						17.0		11.4			
56×32	56	0 −0.074	±0.037	−0.032 −0.106	+0.074 0	+0.220 +0.100	20.0		12.4		1.20	1.60
63×32	63						20.0		12.4			
70×36	70						22.0		14.4			
80×40	80						25.0		15.4		2.00	2.50
90×45	90	0 −0.087	±0.0435	−0.037 −0.124	+0.087 0	+0.260 +0.120	28.0		17.4			
100×50	100						31.0		19.5			

注：1. 在工作图中，轴槽深用（$d-t_1$）或 t_1 标注，轮毂槽深用（$d+t_2$）标注。（$d-t_1$）和（$d+t_2$）尺寸偏差按相应的 t_1 和 t_2 的偏差选取，但（$d-t_1$）偏差取负值。
2. 普通型平键的尺寸应符合 GB/T 1096 的规定。
3. 导向型平键的尺寸应符合 GB/T 1097 的规定。
4. 导向型平键的轴槽与轮毂槽用较松键连接的公差。
5. 平键轴槽的长度公差用 H14。
6. 轴槽及轮毂槽的宽度 b 对轴及轮毂轴心线的对称度，一般可按 GB/T 1184—1996 表 B4 中对称度公差 7 ~ 9 级选取。
7. 键槽表面粗糙度一般规定：轴槽、轮毂槽的键槽宽度 b 两侧表面粗糙度值推荐为 $Ra1.6 \sim Ra3.2\mu m$；轴槽底面、轮毂槽底面的表面粗糙度值为 $Ra6.3\mu m$。

表 8-88　普通平键（GB/T 1096—2003）　（mm）



注：图中 $y \leqslant s_{max}$。

标记示例

宽度 $b=16$mm，高度 $h=10$mm，长度 $L=100$mm 的普通 A 型平键的标记为：

GB/T 1096 键 16×10×100

宽度 $b=16$mm，高度 $h=10$mm，长度 $L=100$mm 的普通 B 型平键的标记为：

GB/T 1096 键 B 16×10×100

宽度 $b=16$mm，高度 $h=10$mm，长度 $L=100$mm 的普通 C 型平键的标记为：

GB/T 1096 键 C 16×10×100

普通平键的尺寸与公差

宽度 b	公称尺寸		2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	极限偏差（h8）		0 -0.014		0 -0.018			0 -0.022		0 -0.027				0 -0.033	
高度 h	公称尺寸		2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14
	极限偏差	矩形（h11）	—		—			0 -0.090					0 -0.110		
		方形（h8）	0 -0.014		0 -0.018			—					—		
倒角或倒圆 s			0.16～0.25			0.25～0.40			0.40～0.60					0.60～0.80	

长度 L 公称尺寸	长度 L 极限偏差(h14)													
6	0 -0.036			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10						—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0 -0.43					—	—	—	—	—	—	—	—	—
14							—	—	—	—	—	—	—	—
16							—	—	—	—	—	—	—	—
18								—	—	—	—	—	—	—
20	0 -0.52							—	—	—	—	—	—	—
22		—			标准				—	—	—	—	—	—
25		—							—	—	—	—	—	—
28		—								—	—	—	—	—
32	0 -0.62	—								—	—	—	—	—
36		—									—	—	—	—
40		—	—								—	—	—	—
45		—	—					长度				—	—	—
50		—	—	—									—	—

（续）

长度 L														
公称尺寸	极限偏差(h14)													
56	0 -0.74	—	—	—										—
63		—	—	—	—									
70		—	—	—	—									
80		—	—	—	—	—								
90	0 -0.87	—	—	—	—	—					范围			
100		—	—	—	—	—	—							
110		—	—	—	—	—	—							
125	0 -1.00	—	—	—	—	—	—	—						
140		—	—	—	—	—	—	—						
160		—	—	—	—	—	—	—	—					
180		—	—	—	—	—	—	—	—	—				
200	0 -1.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
220		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
250		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

宽度 b	公称尺寸		25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100
	极限偏差(h8)		0 -0.033			0 -0.039				0 -0.046				0 -0.054	
高度 h	公称尺寸		14	16	18	20	22	25	28	32	32	36	40	45	50
	极限偏差	矩形(h11)	0 -0.110			0 -0.130				0 -0.160					
		方形(h8)	—			—				—					
倒角或倒圆 s			0.60～0.80			1.00～1.20				1.60～2.00			2.50～3.00		

长度 L														
公称尺寸	极限偏差(h14)													
70	0 -0.74		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90	0 -0.87				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100							—	—	—	—	—	—	—	—
110								—	—	—	—	—	—	—
125	0 -1.00								—	—	—	—	—	—
140										—	—	—	—	—
160					标准						—	—	—	—
180												—	—	—
200	0 -1.15												—	—
220														—
250								长度						
280	0 -1.30													
320	0 -1.40	—												
360		—	—								范围			
400		—	—	—										
450	0 -1.55	—	—	—	—	—								
500		—	—	—	—	—	—							

注：1. 普通型平键的技术条件应符合 GB/T 1568 的规定。

2. 键槽的尺寸应符合 GB/T 1095 的规定。

3. 当键长大于 500mm 时，其长度应按 GB/T 321 的 R 20 系列选取，为减小由于直线度而引起的问题，键长应小于 10 倍的键宽。

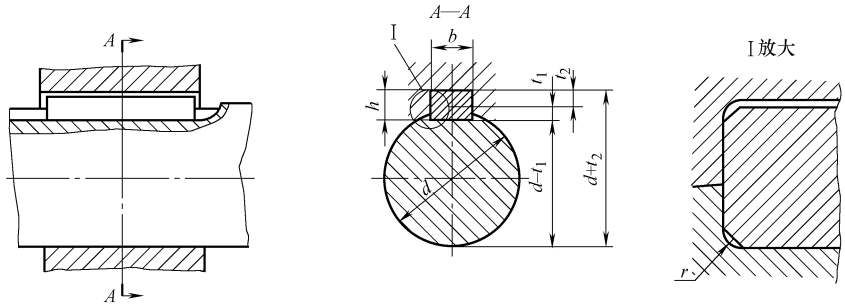
表 8-89　由轴径确定键的公称尺寸

轴径 d	键的公称尺寸				每 100mm 质量/kg
	b(h8)	h(h11)	c 或 r	L(h14)	
自 6 ~ 8	2	2	0.16 ~ 0.25	6 ~ 20	0.003
> 8 ~ 10	3	3		6 ~ 36	0.007
> 10 ~ 12	4	4		8 ~ 45	0.013
> 12 ~ 17	5	5	0.25 ~ 0.4	10 ~ 56	0.02
> 17 ~ 22	6	6		14 ~ 70	0.028
> 22 ~ 30	8	7		18 ~ 90	0.044
> 30 ~ 38	10	8	0.4 ~ 0.6	22 ~ 110	0.063
> 38 ~ 44	12	8		28 ~ 140	0.075
> 44 ~ 50	14	9		36 ~ 160	0.099
> 50 ~ 58	16	10		45 ~ 180	0.126
> 58 ~ 65	18	11		50 ~ 200	0.155
> 65 ~ 75	20	12	0.6 ~ 0.8	56 ~ 220	0.188
> 75 ~ 85	22	14		63 ~ 250	0.242
> 85 ~ 95	25	14		70 ~ 280	0.275
> 95 ~ 110	28	16		80 ~ 320	0.352
> 110 ~ 130	32	18		90 ~ 360	0.452
> 130 ~ 150	36	20	1 ~ 1.2	100 ~ 400	0.565
> 150 ~ 170	40	22		100 ~ 400	0.691
> 170 ~ 200	45	25		110 ~ 450	0.883
> 200 ~ 230	50	28		125 ~ 500	1.1
> 230 ~ 260	56	32	1.6 ~ 2.0	140 ~ 500	1.407
> 260 ~ 290	63	32		160 ~ 500	1.583
> 290 ~ 330	70	36		180 ~ 500	1.978
> 330 ~ 380	80	40	2.5 ~ 3	200 ~ 500	2.512
> 380 ~ 440	90	45		220 ~ 500	3.179
> 440 ~ 500	100	50		250 ~ 500	3.925

注：1. 本表不属于 GB/T 1095—2003，但可作为由轴径确定键宽和键高以及选择键长的参考。
2. 表中每 100mm 长的质量系指 B 型键。
3. 键长 L 系列为 6、8、10、12、14、16、18、20、22、25、28、32、36、40、45、50、56、63、70、80、90、100、110、125、140、160、180、200、220、250、280、320、360、400、450、500。

2. 薄型平键（见表 8-90）

表 8-90　薄型平键　键槽的剖面尺寸（GB/T 1566—2003）　　（mm）



标记示例

平头薄型平键（B 型）宽度 $b=10$mm，高度 $h=6$mm，长度 $L=80$mm，标记为：

GB/T 1567—2003 键 B10 × 6 × 80

（续）

薄型平键键槽的尺寸与公差												
键尺寸 $b\times h$	键槽											
	宽度 b						深度				半径 r	
	公称尺寸	极限偏差					轴 t_1		毂 t_2			
		正常连接		紧密连接	松连接		公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
		轴 N9	毂 JS9	轴和毂 P9	轴 H9	毂 D10					min	max
5×3	5	0 −0.030	±0.015	−0.012 −0.042	+0.030 0	+0.078 +0.030	1.8	+0.1 0	1.4	+0.1 0	0.16	0.25
6×4	6						2.5		1.8			
8×5	8	0 −0.036	±0.018	−0.015 −0.051	+0.036 0	+0.098 +0.040	3.0		2.3			
10×6	10						3.5		2.8		0.25	0.40
12×6	12	0 −0.043	±0.0215	−0.018 −0.061	+0.043 0	+0.120 +0.050	3.5		2.8			
14×6	14						3.5		2.8			
16×7	16						4.0	+0.2 0	3.3	+0.2 0		
18×7	18						4.0		3.3			
20×8	20	0 −0.052	±0.026	−0.022 −0.074	+0.052 0	+0.149 +0.065	5.0		3.3		0.40	0.60
22×9	22						5.5		3.8			
25×9	25						5.5		3.8			
28×10	28						6.0		4.3			
32×11	32	0 −0.062	±0.031	−0.026 −0.088	+0.062 0	+0.180 +0.080	7.0		4.4			
36×12	36						7.5		4.9		0.70	1.0

注：1. 薄型平键的尺寸应符合 GB/T 1567 的规定。

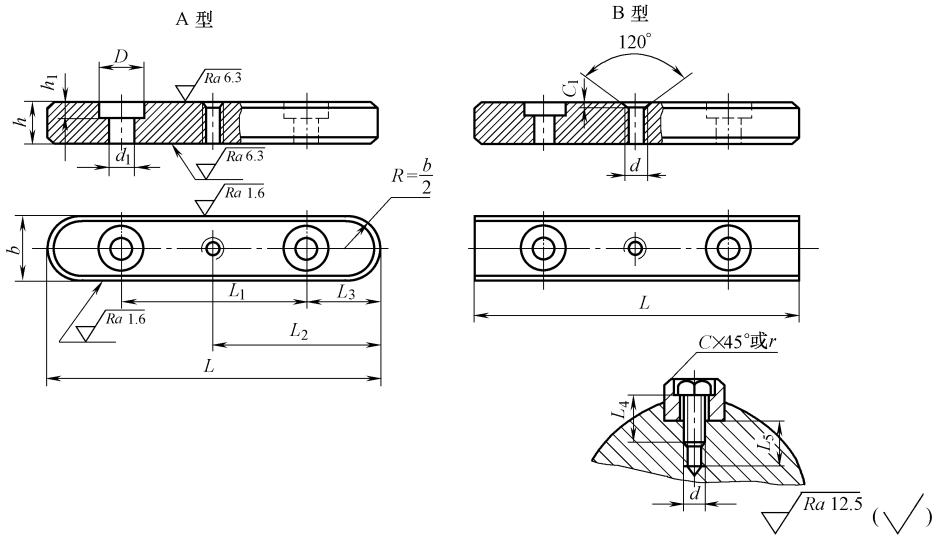
2. 薄型平键的轴槽长度公差用 H14。

3. 轴槽及轮毂槽的宽度 b 对轴及轮毂轴心线的对称度，一般可按 GB/T 1184—1996 表 B4 中的对称度公差 7～9 级选取。

4. 键槽表面粗糙度一般规定：轴槽、轮毂槽的键槽宽度 b 两侧面粗糙度参数按 GB/T 1031，选 $Ra1.6$～$Ra3.2\mu m$；轴槽底面、轮毂槽底面的表面粗糙度参数按 GB/T 1031，选 $Ra6.3\mu m$。

3. 导向型平键（见表 8-91）

表 8-91　导向型平键（摘自 GB/T 1097—2003）　　（mm）



标记示例

宽度 $b=16mm$，高度 $h=10mm$，长度 $L=100mm$ 的导向 A 型平键的标记为：GB/T 1097—2003 键 16×100

宽度 $b=16mm$，高度 $h=10mm$，长度 $L=100mm$ 的导向 B 型平键的标记为：GB/T 1097—2003 键 B16×100

（续）

导向平键的尺寸与公差																		
b	基本尺寸	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45			
	极限偏差（h8）	0 -0.022		0 -0.027				0 -0.033				0 -0.039						
h	基本尺寸	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20	22	25			
	极限偏差（h11）	0 -0.090					0 -0.110						0 -0.130					
C 或 r		0.25～0.40	0.40～0.60					0.60～0.80					1.00～1.20					
h_1		2.4		3.0	3.5		4.5			6		7	8					
d		M3		M4	M5		M6			M8		M10	M12					
d_1		3.4		4.5	5.5		6.5			9		11	14					
D		6		8.5	10		12			15		18	22					
C_1		0.3		0.5									1.0					
L_D		7	8	10			12			15		18	22					
螺钉（$d \times L_4$）		M3×8	M3×10	M4×10	M5×10		M6×12		M6×16	M8×16		M10×20	M12×25					
L	L_1	L_2	L_3															
25	13	12.5	6				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	14	14	7				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	16	16	8				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	18	18	9					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	20	20	10					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	23	22.5	11						—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	26	25	12							—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	30	28	13								—	—	—	—	—	—	—	—
63	35	31.5	14									—	—	—	—	—	—	—
70	40	35	15				标准						—	—	—	—	—	—
80	48	40	16											—	—	—	—	—
90	54	45	18												—	—	—	—
100	60	50	20	—														—
110	66	55	22							长度								
125	75	62	25	—	—													
140	80	70	30	—	—													
160	90	80	35	—	—	—												
180	100	90	40	—	—	—	—						范围					
200	110	100	45	—	—	—	—	—										
220	120	110	50	—	—	—	—	—	—									
250	140	125	55	—	—	—	—	—	—	—								
280	160	140	60	—	—	—	—	—	—	—	—							
320	180	160	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
360	200	180	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
400	220	200	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
450	250	225	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

注：1. 导向型平键的技术条件应符合 GB/T 1568—2008 的规定。

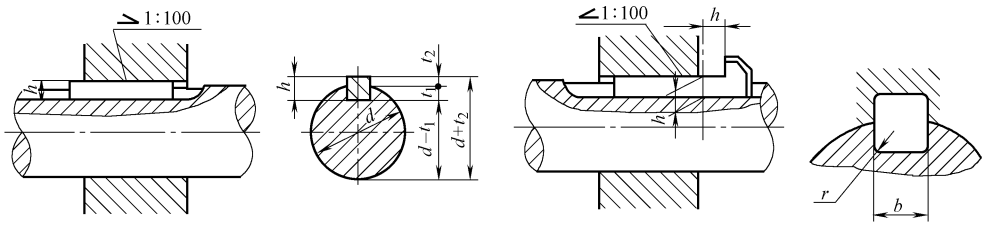
2. 键槽的尺寸应符合 GB/T 1095—2003“键和键槽的剖面尺寸”的规定。

3. 当键长大于 450mm 时，其长度应按 GB/T 321—2005“优先数和优先数系”的 R20 系列选取。为减小由于直线度而引起的问题，键长应小于 10 倍的键宽。

4. 固定用螺钉应按 GB/T 65—2000“开槽圆柱螺钉”的规定。

8.2.2.2　楔键连接（见表 8-92、表 8-93）

表 8-92　楔键键槽的剖面尺寸（GB/T 1563—2003）　　（mm）



1. $(d+t_2)$ 及 t_2 表示大端轮毂槽深度。
2. 安装时，键的斜面与轮毂槽的斜面必须紧密贴合。

楔键键槽的尺寸与公差

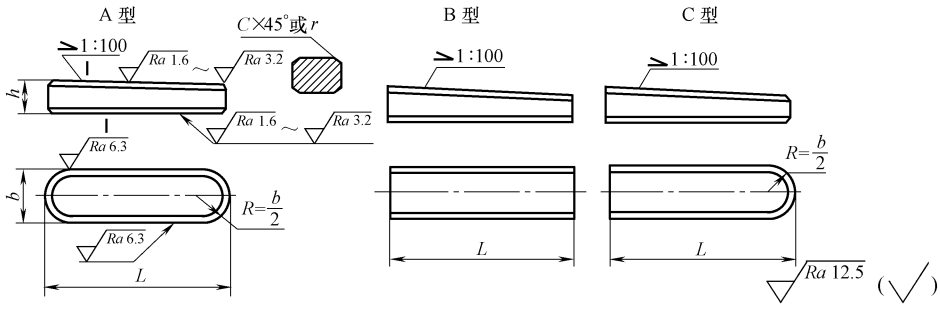
键尺寸 $b\times h$	键槽											
	宽度 b						深度				半径 r	
	公称尺寸	极限偏差					轴 t_1		毂 t_2			
		正常连接		紧密连接	松连接		公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
		轴 N9	毂 JS9	轴和毂 P9	轴 H9	毂 D10					min	max
2×2	2	−0.004 −0.029	±0.0125	−0.006 −0.031	+0.025 0	+0.060 +0.020	1.2	+0.1 0	1.0	+0.1 0	0.08	0.16
3×3	3						1.8		1.4			
4×4	4	0 −0.030	±0.015	−0.012 −0.042	+0.030 0	+0.078 +0.030	2.5		1.8			
5×5	5						3.0		2.3		0.16	0.25
6×6	6						3.5		2.8			
8×7	8	0 −0.036	±0.018	−0.015 −0.051	+0.036 0	+0.098 +0.040	4.0	+0.2 0	3.3	+0.2 0		
10×8	10						5.0		3.3		0.25	0.40
12×8	12	0 −0.043	±0.0215	−0.018 −0.061	+0.043 0	+0.120 +0.050	5.0		3.3			
14×9	14						5.5		3.8			
16×10	16						6.0		4.3			
18×11	18						7.0		4.4			
20×12	20	0 −0.052	±0.026	−0.022 −0.074	+0.052 0	+0.149 +0.065	7.5		4.9		0.40	0.60
22×14	22						9.0		5.4			
25×14	25						9.0		5.4			
28×16	28						10.0		6.4			
32×18	32	0 −0.062	±0.031	−0.026 −0.088	+0.062 0	+0.180 +0.080	11.0		7.4			
36×20	36						12.0	+0.3 0	8.4	+0.3 0	0.70	1.00
40×22	40						13.0		9.4			
45×25	45						15.0		10.4			
50×28	50						17.0		11.4			
56×32	56	0 −0.074	±0.037	−0.032 −0.106	+0.074 0	+0.220 +0.100	20.0		12.4		1.20	1.60
63×32	63						20.0		12.4			
70×36	70						22.0		14.4			
80×40	80						25.0		15.4		2.00	2.50
90×45	90	0 −0.087	±0.0435	−0.037 −0.124	+0.087 0	+0.260 +0.120	28.0		17.4			
100×50	100						31.0		19.4			

注：1. 普通型楔键的尺寸应符合 GB/T 1564 的规定。

2. 钩头型楔键的尺寸应符合 GB/T 1565 的规定。

3. 键槽表面粗糙度一般规定：轴槽、轮毂槽的键槽两侧面粗糙度参数按 GB/T 1031，选为 $Ra1.6\sim Ra3.2\mu m$；轴槽底面、轮毂槽底面的表面粗糙度参数按 GB/T 1031，选为 $Ra6.3\mu m$。

表 8-93　普通型楔键（摘自 GB/T 1564—2003）　　（mm）



标记示例

宽度 $b=16$mm，高度 $h=10$mm，长度 $L=100$mm 的普通 A 型楔键的标记为：

GB/T 1564—2003 键 16×100

宽度 $b=6$mm，高度 $h=10$mm，长度 $L=100$mm 的普通 B 型楔键的标记为：

GB/T 1564—2003 键 B 16×100

宽度 $b=16$mm，高度 $h=10$mm，长度 $L=100$mm 的普通 C 型楔键的标记为：

GB/T 1564—2003 键 C16×100

普通楔键的尺寸与公差

宽度 b	公称尺寸	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	极限偏差（h8）	0 −0.014		0 −0.018			0 −0.022		0 −0.027				0 −0.033	
高度 h	公称尺寸	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14
	极限偏差（h11）	0 −0.060		0 −0.075			0 −0.090					0 −0.110		
倒角或倒圆 s		0.16～0.25			0.25～0.40			0.40～0.60					0.60～0.80	

长度 L 公称尺寸	长度 L 极限偏差（h14）													
6	0 −0.36			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10						—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0 −0.43					—	—	—	—	—	—	—	—	—
14							—	—	—	—	—	—	—	—
16							—	—	—	—	—	—	—	—
18								—	—	—	—	—	—	—
20	0 −0.52							—	—	—	—	—	—	—
22		—			标准				—	—	—	—	—	—
25		—							—	—	—	—	—	—
28		—								—	—	—	—	—
32	0 −0.62	—								—	—	—	—	—
36		—									—	—	—	—
40		—	—								—	—	—	—
45		—	—					长度				—	—	—
50		—	—	—									—	—

（续）

长度 L														
公称尺寸	极限偏差(h14)													
56	0 -0.74	—	—	—										—
63		—	—	—	—									
70		—	—	—	—									
80		—	—	—	—	—								
90	0 -0.87	—	—	—	—	—					范围			
100		—	—	—	—	—	—							
110		—	—	—	—	—	—							
125	0 -1.00	—	—	—	—	—	—	—						
140		—	—	—	—	—	—	—						
160		—	—	—	—	—	—	—	—					
180		—	—	—	—	—	—	—	—	—				
200	0 -1.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
220		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
250		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
宽度 b	公称尺寸	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100
	极限偏差(h8)	0 -0.033		0 -0.039					0 -0.046				0 -0.054	
高度 h	公称尺寸	14	16	18	20	22	25	28	32	32	36	40	45	50
	极限偏差(h11)	0 -0.110			0 -0.130				0 -0.160					
倒角或倒圆 s		0.60～0.80			1.00～1.20				1.60～2.00			2.50～3.00		
长度 L														
公称尺寸	极限偏差(h14)													
70	0 -0.74		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90	0 -0.87				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100							—	—	—	—	—	—	—	—
110								—	—	—	—	—	—	—
125	0 -1.00								—	—	—	—	—	—
140										—	—	—	—	—
160					标准						—	—	—	—
180												—	—	—
200	0 -1.15												—	—
220														—
250								长度						
280	0 -1.30													
320	0 -1.40	—												
360		—	—								范围			
400		—	—	—										
450	0 -1.55	—	—	—	—	—								
500		—	—	—	—	—	—							

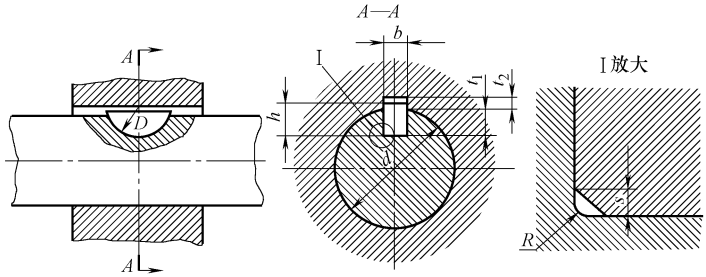
注：1. 普通型楔键的技术条件应符合 GB/T 1568 的规定。

2. 键槽的尺寸应符合 GB/T 1563 楔键键槽的剖面尺寸的规定。

3. 当键长大于 500mm 时，其长度应按 GB/T 321 的 R20 系列选取，为了减小由于直线度而引起的问题，键长应小于 10 倍的键宽。

8.2.2.3　半圆键连接（见表 8-94、表 8-95）

表 8-94　半圆键键槽的剖面尺寸（GB/T 1098—2003）　　（mm）

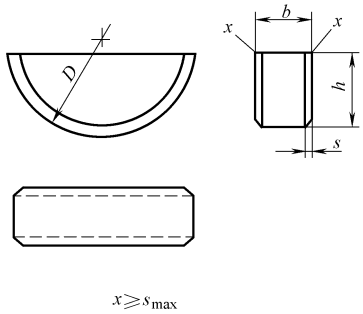


注：键尺寸中的公称直径 D 即为键槽直径最小值。

半圆键键槽的尺寸与公差												
键尺寸 $b\times h\times D$	键槽											
	宽度 b						深度				半径 R	
	公称尺寸	极限偏差					轴 t_1		毂 t_2			
		正常连接		紧密连接	松连接		公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差		
		轴 N9	毂 JS9	轴和毂 P9	轴 H9	毂 D10					max	min
1×1.4×4 1×1.1×4	1	−0.004 −0.029	±0.0125	−0.006 −0.031	+0.025 0	+0.060 +0.020	1.0	+0.1 0	0.6	+0.1 0	0.16	0.08
1.5×2.6×7 1.5×2.1×7	1.5						2.0		0.8			
2×2.6×7 2×2.1×7	2						1.8		1.0			
2×3.7×10 2×3×10	2						2.9		1.0			
2.5×3.7×10 2.5×3×10	2.5						2.7		1.2			
3×5×13 3×4×13	3						3.8	+0.2 0	1.4			
3×6.5×16 3×5.2×16	3						5.3		1.4			
4×6.5×16 4×5.2×16	4	0 −0.030	±0.015	−0.012 −0.042	+0.030 0	+0.078 +0.030	5.0		1.8		0.25	0.16
4×7.5×19 4×6×19	4						6.0		1.8			
5×6.5×16 5×5.2×19	5						4.5		2.3			
5×7.5×19 5×6×19	5						5.5		2.3			
5×9×22 5×7.2×22	5						7.0	+0.3 0	2.3			
6×9×22 6×7.2×22	6						6.5		2.8			
6×10×25 6×8×25	6						7.5		2.8	+0.2 0		
8×11×28 8×8.8×28	8	0 −0.036	±0.018	−0.015 −0.051	+0.036 0	+0.098 +0.040	8.0		3.3		0.40	0.25
10×13×32 10×10.4×32	10						10		3.3			

注：1. 普通型半圆键的尺寸应符合 GB/T 1099.1 的规定。
2. 平底型半圆键尺寸应符合 GB/T 1099.2 的规定。
3. 轴槽及轮毂槽的宽度 b 对轴及轮毂轴心线的对称度，一般可按 GB/T 1184—1996 表 B4 中对称度公差 7～9 级选取。
4. 键槽表面粗糙度一般规定：
1）轴槽、轮毂槽的键槽宽度 b 两侧表面粗糙度参数按 GB/T 1031，选为 Ra1.6～Ra3.2μm；
2）轴槽底面、轮毂槽底面的表面粗糙度参数按 GB/T 1031，选为 Ra6.3μm。

表 8-95　普通型半圆键（GB/T 1099.1—2003）　　（mm）



标记示例

宽度 $b=6$mm，高度 $h=10$mm，直径 $D=25$mm 的普通型半圆键的标记为：

GB/T 1099.1—2003 键 6×10×25

普通型半圆键的尺寸与公差

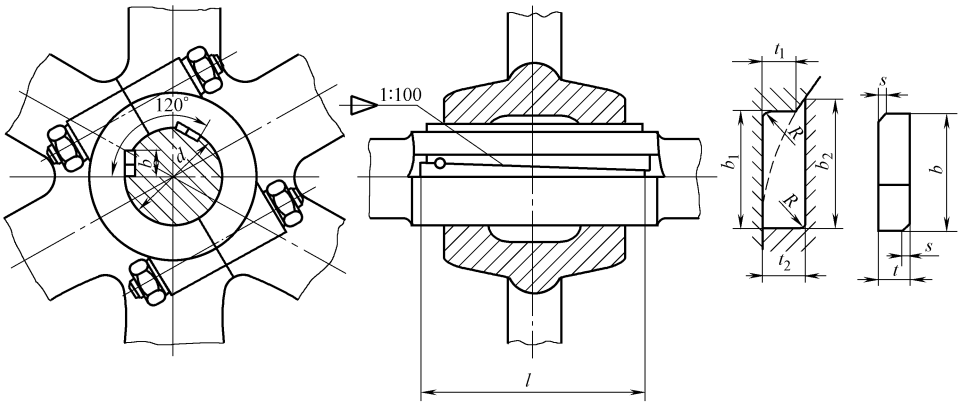
键尺寸 $b\times h\times D$	宽度 b		高度 h		直径 D		倒角或倒圆 s	
	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差（h12）	公称尺寸	极限偏差（h12）	min	max
1×1.4×4	1	0 −0.025	1.4	0 −0.10	4	0 −0.120	0.16	0.25
1.5×2.6×7	1.5		2.6		7	0 −0.150		
2×2.6×7	2		2.6		7			
2×3.7×10	2		3.7	0 −0.12	10			
2.5×3.7×10	2.5		3.7		10			
3×5×13	3		5		13	0 −0.180		
3×6.5×16	3		6.5	0 −0.15	16			
4×6.5×16	4		6.5		16		0.25	0.40
4×7.5×19	4		7.5		19	0 −0.210		
5×6.5×16	5		6.5		16	0 −0.180		
5×7.5×19	5		7.5		19	0 −0.210		
5×9×22	5		9		22			
6×9×22	6		9		22			
6×10×25	6		10		25			
8×11×28	8		11	0 −0.18	28		0.40	0.60
10×13×32	10		13		32	0 −0.250		

注：1. 半圆键的技术条件应符合 GB/T 1568 的规定。

2. 键槽的尺寸应符合 GB/T 1098 的规定。

8.2.2.4　切向键连接（见表 8-96）

表 8-96　切向键及其键槽（摘自 GB/T 1974—2003）　　（mm）



注 1. 一对切向键在装配之后的相互位置应用销或其他适当的方法固定。

2. 长度 l 按实际结构确定，建议一般比轮毂厚度长 10% ~15%。

3. 一对切向键在装配时，1:100 的两斜面之间，以及键的两工作面与轴槽和轮毂槽的工作面之间都必须紧密结合。

4. 当出现交变冲击负荷时，轴径从 100mm 起，推荐选用强力切向键。

5. 两副切向键如果 120°安装有困难时，也可以 180°安装。

标记示例

计算宽度 $b=24$mm，厚度 $t=8$mm，长度 $l=100$mm 的普通型切向键的标记为：

GB/T 1974—2003 切向键 24×8×100

计算宽度 $b=60$mm，厚度 $t=20$mm，长度 $l=250$mm 的强力型切向键的标记为：

GB/T 1974—2003 强力切向键 60×20×250

切向键及键槽的尺寸与公差

轴径 d	键					键槽							
	厚度 t		计算宽度 b	倒角 s		深度				计算宽度		半径 R	
						轮毂 t_1		轴 t_2		轮毂 b_1	轴 b_2		
	尺寸	偏差 h11		min	max	尺寸	偏差	尺寸	偏差			max	min
60	7	0 −0.090	19.3	0.6	0.8	7	0 −0.2	7.3	+0.2 0	19.3	19.6	0.6	0.4
63			19.8							19.8	20.2		
65			20.1							20.1	20.5		
70			21.0							21.0	21.4		
71	8		22.5			8		8.3		22.5	22.8		
75			23.2							23.2	23.5		
80			24.0							24.0	24.4		
85			24.8							24.8	25.2		
90			25.6							25.6	26.0		
95	9		27.8			9		9.3		27.8	28.2		
100			28.6							28.6	29.0		
110			30.1							30.1	30.6		
120	10	0 −0.110	33.2			10		10.3		33.2	33.6	1.0	0.7
125			33.9							33.9	34.4		
130			34.6	1.0	1.2					34.6	35.1		
140	11		37.7			11		11.4		37.7	38.3		
150			39.1							39.1	39.7		
160	12		42.1			12	0 −0.3	12.4	+0.3 0	42.1	42.8		
170			43.5							43.5	44.2		
180			44.9							44.9	45.6		

（续）

轴径 d	键					键槽							
	厚度 t		计算宽度 b	倒角 s		深度				计算宽度		半径 R	
						轮毂 t_1		轴 t_2		轮毂 b_1	轴 b_2		
	尺寸	偏差 h11		min	max	尺寸	偏差	尺寸	偏差			max	min
190	14	0 −0.110	49.6	1.0	1.2	14	0 −0.3	14.4	+0.3 0	49.6	50.3	1.0	0.7
200			51.0							51.0	51.7		
220	16		57.1	1.6	2.0	16		16.4		57.1	57.8	1.6	1.2
240			59.9							59.9	60.6		
250	18		64.6			18		18.4		64.6	65.3		
260			66.0							66.0	66.7		
280	20	0 −0.130	72.1	2.5	3.0	20		20.4		72.1	72.8	2.5	2.0
300			74.8							74.8	75.5		
320	22		81.0			22		22.4		81.0	81.6		
340			83.6							83.6	84.3		
360	26		93.2			26		26.4		93.2	93.8		
380			95.9							95.9	96.6		
400			98.6							98.6	99.3		
420	30		108.2	3.0	4.0	30		30.4		108.2	108.8	3.0	2.5
440			110.9							110.9	111.6		
450			112.3							112.3	112.9		
460			113.6							113.6	114.3		
480	34	0 −0.160	123.1			34		34.4		123.1	123.8		
500			125.9							125.9	126.6		
530	38		136.7			38		38.4		136.7	137.4		
560			140.8							140.8	141.5		
600	42		153.1			42		42.4		153.1	153.8		
630			157.1							157.1	157.8		

注：1. 当轴径 d 位于两相邻轴径值之间时，采用大轴径值的 t 和 t_1、t_2，但 b 和 b_1、b_2 须按式①、式②计算：

$$b = b_1 = \sqrt{t(d-t)} \quad ①$$

$$b_2 = \sqrt{t_2(d-t_2)} \quad ②$$

2. 当轴径 d 超过 630mm 时，推荐：$t = t_1 = 0.07d$；$b = b_1 = 0.25d$。

强力型切向键及键槽尺寸

轴径 d	键					键槽							
	厚度 t		计算宽度 b	倒角 s		深度				计算宽度		半径 R	
						轮毂 t_1		轴 t_2		轮毂 b_1	轴 b_2		
	尺寸	偏差 h11		min	max	尺寸	偏差	尺寸	偏差			max	min
100	10	0 −0.090	30	1.0	1.2	10	0 −0.2	10.3	+0.2 0	30	30.4	1.0	0.7
110	11	0 −0.110	33			11		11.4		33	33.5		
120	12		36			12	0 −0.3	12.4	+0.3 0	36	36.5		
125	12.5		37.5			12.5		12.9		37.5	38.0		
130	13		39			13		13.4		39	39.5		
140	14		42			14		14.4		42	42.5		
150	15		45			15		15.4		45	45.5		
160	16		48			16		16.4		48	48.5		
170	17		51	1.6	2.0	17		17.4		51	51.5	1.6	1.2
180	18		54			18		18.4		54	54.5		
190	19	0 −0.130	57			19		19.4		57	57.5		
200	20		60			20		20.4		60	60.5		
220	22		66			22		22.4		66	66.5		

（续）

轴径 d	键					键槽							
	厚度 t		计算宽度 b	倒角 s		深度				计算宽度		半径 R	
						轮毂 t_1		轴 t_2		轮毂 b_1	轴 b_2		
	尺寸	偏差 h11		min	max	尺寸	偏差	尺寸	偏差			max	min
240	24	0 −0.130	72	2.5	3.0	24	0 −0.3	24.4	+0.3 0	72	72.5	2.5	2.0
250	25		75			25		25.4		75	75.5		
260	26		78			26		26.4		78	78.5		
280	28		84			28		28.4		84	84.5		
300	30		90			30		30.4		90	90.5		
320	32	0 −0.160	96			32		32.4		96	96.5		
340	34		102	3.0	4.0	34		34.4		102	102.5	3.0	2.5
360	36		108			36		36.4		108	108.5		
380	38		114			38		38.4		114	114.5		
400	40		120			40		40.4		120	120.5		
420	42		126			42		42.4		126	126.5		
440	44		132			44		44.4		132	132.5		
450	45		135			45		45.4		135	135.5		
460	46		138			46		46.4		138	138.5		
480	48		144			48		48.4		144	144.5		
500	50		150			50		50.5		150	150.7		
530	53	0 −0.190	159			53		53.5		159	159.7		
560	56		168			56		56.5		168	168.7		
600	60		180			60		60.5		180	180.7		
630	63		189			63		63.5		189	189.7		

注：1. 当轴径 d 位于两相邻轴径值之间时，键与键槽的尺寸按式①～式⑥计算：

$$t = t_1 = 0.1d \quad ①$$

$$b = b_1 = 0.3d \quad ②$$

$$t_2 = t + 0.3\text{mm}\ (\text{当}t \leqslant 10\text{mm}) \quad ③$$

$$t_2 = t + 0.4\text{mm}\ (\text{当}10\text{mm} < t \leqslant 45\text{mm}) \quad ④$$

$$t_2 = t + 0.5\text{mm}\ (\text{当}\ t > 45\text{mm}) \quad ⑤$$

$$b_2 = \sqrt{t_2(d - t_2)} \quad ⑥$$

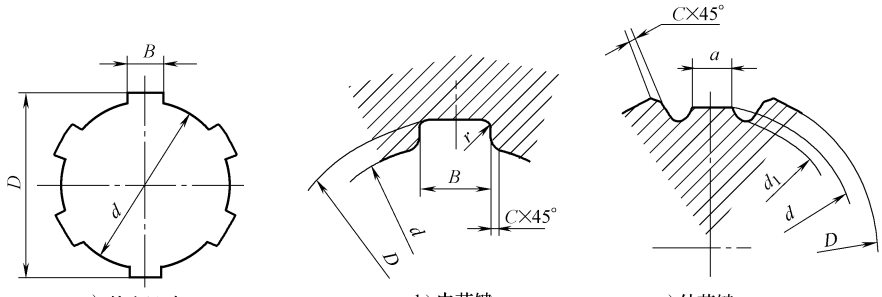
2. 当轴径 d 超过 630mm 时，推荐：$t = t_1 = 0.1d$；$b = b_1 = 0.3d$。
3. 切向键的技术条件应符合 GB/T 1568 的规定。
4. 键槽的尺寸应符合本标准的规定。

8.2.2.5　花键连接

1. 矩形花键

矩形花键尺寸见表 8-97，公差见表 8-98，长度系列见表 8-99。

表 8-97　矩形花键尺寸（摘自 GB/T 1144—2001）　　（mm）



a) 基本尺寸　　b) 内花键　　c) 外花键

矩形花键的标记代号应按次序包括下列内容：键数 N，小径 d，大径 D，键宽 B，基本尺寸及配合公差带代号和标准号。

标记示例

花键 $N = 6$；$d = 23\ \frac{H7}{f7}$；$D = 26\ \frac{H10}{a11}$；$B = 6\ \frac{H11}{d10}$ 的标记为：

花键规格：$N \times d \times D \times B$

$6 \times 23 \times 26 \times 6$

花键副：$6 \times 23\ \frac{H7}{f7} \times 26\ \frac{H10}{a11} \times 6\ \frac{H11}{d10}$　GB/T 1144—2001

内花键：6×23H7×26H10×6H11　GB/T 1144—2001

外花键：6×23f7×26a11×6d10　GB/T 1144—2001

（续）

公称尺寸系列

小径 d	轻系列 规格 $N\times d\times D\times B$	轻系列 键数 N	轻系列 大径 D	轻系列 键宽 B	中系列 规格 $N\times d\times D\times B$	中系列 键数 N	中系列 大径 D	中系列 键宽 B
11	—	—	—	—	6×11×14×3	6	14	3
13					6×13×16×3.5		16	3.5
16					6×16×20×4		20	4
18					6×18×22×5		22	5
21					6×21×25×5		25	
23	6×23×26×6	6	26	6	6×23×28×6		28	6
26	6×26×30×6		30		6×26×32×6		32	
28	6×28×32×7		32	7	6×28×34×7		34	7
32	8×32×36×6		36	6	8×32×38×6	8	38	6
36	8×36×40×7	8	40	7	8×36×42×7		42	7
42	8×42×46×8		46	8	8×42×48×8		48	8
46	8×46×50×9		50	9	8×46×54×9		54	9
52	8×52×58×10		58	10	8×52×60×10		60	10
56	8×56×62×10		62		8×56×65×10		65	
62	8×62×68×12		68	12	8×62×72×12		72	12
72	10×72×78×12	10	78		10×72×82×12	10	82	
82	10×82×88×12		88		10×82×92×12		92	
92	10×92×98×14		98	14	10×92×102×14		102	14
102	10×102×108×16		108	16	10×102×112×16		112	16
112	10×112×120×18		120	18	10×112×125×18		125	18

键槽的截面尺寸

轻系列 规格 $N\times d\times D\times B$	轻系列 C	轻系列 r	轻系列 $d_{1\min}$（参考）	轻系列 $a_{\min}$（参考）	中系列 规格 $N\times d\times D\times B$	中系列 C	中系列 r	中系列 $d_{1\min}$（参考）	中系列 $a_{\min}$（参考）
—	—	—	—	—	6×11×14×3	0.2	0.1	—	—
					6×13×16×3.5				
					6×16×20×4	0.3	0.2	14.4	1.0
					6×18×22×5			16.6	
					6×21×25×5			19.5	2.0
6×23×26×6	0.2	0.1	22	3.5	6×23×28×6			21.2	1.2
6×26×30×6	0.3	0.2	24.5	3.8	6×26×32×6	0.4	0.3	23.6	
6×28×32×7			26.6	4.0	6×28×34×7			25.8	1.4
8×32×36×6			30.3	2.7	8×32×38×6			29.4	1.0
8×36×40×7			34.4	3.5	8×36×42×7			33.4	
8×42×46×8			40.5	5.0	8×42×48×8			39.4	2.5
8×46×50×9			44.6	5.7	8×46×54×9	0.5	0.4	42.6	1.4
8×52×58×10	0.4	0.3	49.6	4.8	8×52×60×10			48.6	2.5
8×56×62×10			53.5	6.5	8×56×65×10			52.0	
8×62×68×12			59.7	7.3	8×62×72×12	0.6	0.5	57.7	2.4
10×72×78×12			69.6	5.4	10×72×82×12			67.7	1.0
10×82×88×12			79.3	8.5	10×82×92×12			77.0	2.9
10×92×98×14			89.6	9.9	10×92×102×14			87.3	4.5
10×102×108×16			99.6	11.3	10×102×112×16			97.7	6.2
10×112×120×18	0.5	0.4	108.8	10.5	10×112×125×18			106.2	4.1

（续）

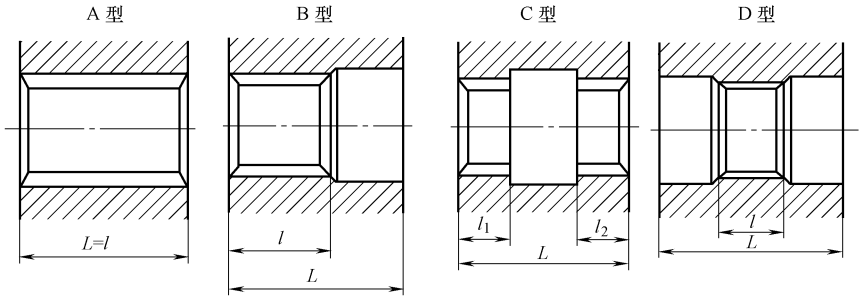
内、外花键的尺寸公差带							
内花键				外花键			装配形式
d	D	B		d	D	B	
		拉削后不热处理	拉削后热处理				
一般用							
H7	H10	H9	H11	f7	a11	d10	滑动
				g7		f9	紧滑动
				h7		h10	固定
精密传动用							
H5	H10	H7、H9		f5	a11	d8	滑动
				g5		f7	紧滑动
				h5		h8	固定
H6				f6		d8	滑动
				g6		f7	紧滑动
				h6		h8	固定

注：1. 精密传动用的内花键，当需要控制键侧配合间隙时，槽宽可选 H7，一般情况下可选 H9。
2. d 为 H6 和 H7 的内花键，允许与更高一级的外花键配合。
3. 小径的极限尺寸遵守 GB/T 4249 规定的包容原则。

表 8-98　矩形花键位置度公差和对称度公差　（mm）

位置度公差						
键槽宽或键宽 B			3	3.5～6	7～10	12～18
t_1	键　槽　宽		0.010	0.015	0.020	0.025
	键　宽	滑动、固定	0.010	0.015	0.020	0.025
		紧滑动	0.006	0.010	0.013	0.016
对称度公差						
键槽宽或键宽 B			3	3.5～6	7～10	12～18
t_2	一般用		0.010	0.012	0.015	0.018
	精密传动用		0.006	0.008	0.009	0.011

表 8-99　矩形内花键长度系列（GB/T 10081—2005）　（mm）



（续）

矩形内花键的长度系列																					
花键长度 l 或 l_1+l_2	花键小径基本尺寸 d																				拉刀拉削长度
	11	13	16	18	21	23	26	28	32	36	42	46	52	56	62	72	82	92	102	112	
10										—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤18
12										—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
15										—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
18										—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
22																—	—	—	—	—	>18～30
25																—	—	—	—	—	
28																—	—	—	—	—	
30																—	—	—	—	—	
32																					>30～50
36																					
38																					
42																					
45																					
48																					
50																					
56	—	—																			>50～80
60	—	—																			
63	—	—																			
71	—	—																			
75	—	—																			
80	—	—																			
85	—	—	—	—	—	—	—	—	—												>80～120
90	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
95	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
110	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					>120
140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
孔的最大长度 L	50	80				120				200				250					300		

2. 圆柱直齿渐开线花键

圆柱直齿渐开线花键术语、代号和定义见表 8-100，渐开线花键连接如图 8-16 所示。

表 8-100　圆柱直齿渐开线花键术语、代号和定义（摘自 GB/T 3478.1—2008）

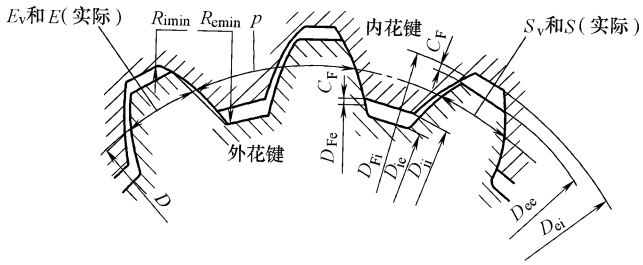
序号	术　　语	代号	定　　义
1	花键连接　spline joint		两零件上等距分布且齿数相同的键齿相互连接，并传递转矩或运动的同轴偶件 在内圆柱表面上的花键为内花键，在外圆柱表面上的花键为外花键
2	渐开线花键　involute spline		具有渐开线齿形的花键

（续）

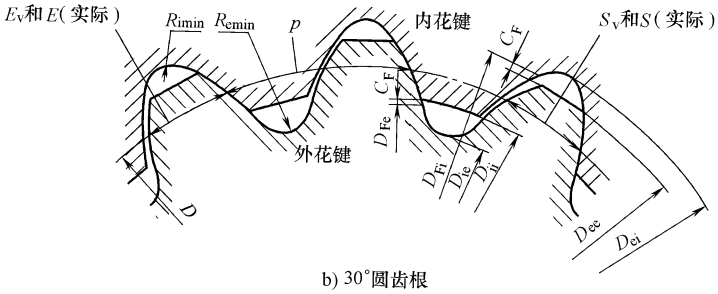
序号	术　　语	代号	定　　义
3	齿根圆弧　circle root arc 齿根圆弧最小曲率半径　circle root arc minimum radius of curvature 内花键　internal spline 外花键　external spline	 R_{imin} R_{emin}	连接渐开线齿形与齿根圆的过渡曲线
4	平齿根花键　flat root spline		在花键同一齿槽上，两侧渐开线齿形各由一段过渡曲线与齿根圆相连接的花键
5	圆齿根花键　fillet root spline		在花键同一齿槽上，两侧渐开线齿形由一段或近似一段过渡曲线与齿根圆相连接的花键
6	模数　module	m	表示渐开线花键键齿大小的参数，其数值为齿距除以圆周率 π 所得的商，以 mm 计
7	齿数　number of teeth	z	
8	分度圆　pitch circle		计算花键尺寸用的基准圆，在此圆上的模数和压力角为标准值
9	分度圆直径　pitch circle diameter	D	
10	齿距　pitch	p	分度圆上两相邻同侧齿形之间的弧长，其值为圆周率 π 乘以模数 m
11	压力角　pressure angle	α	齿形上任意点的压力角，为过该点花键的径向线与齿形在该点的切线所夹锐角
12	标准压力角　standard pressure angle	α_D	规定在分度圆上的压力角
13	基圆　base circle		展成渐开线齿形的假想圆
14	基圆直径　base diameter	D_b	
15	大径　major diameter 内花键　internal spline 外花键　external spline	 D_{ei} D_{ee}	内花键齿根圆（大圆）或外花键齿顶圆（大圆）的直径
16	小径　minor diameter 内花键　internal spline 外花键　external spline	 D_{ii} D_{ie}	内花键齿顶圆（小圆）或外花键齿根圆（小圆）的直径
17	渐开线终止圆　spline final circle		内花键齿形终止点的圆，此圆与小圆共同形成渐开线齿形的控制界限
18	渐开线终止圆直径　form diameter, internal spline	D_{Fi}	
19	渐开线起始圆　spline startcircle		外花键齿形起始点的圆，此圆与大圆共同形成渐开线齿形的控制界限
20	渐开线起始圆直径　form diameter, external spline	D_{Fe}	
21	基本齿槽宽　basic space width	E	内花键分度圆上弧齿槽宽的基本尺寸，其值为齿距之半
22	实际齿槽宽　actual space width 最大值　maximum actual space width 最小值　minimum actual space width	 E_{max} E_{min}	在内花键分度圆上各齿槽的弧齿槽宽

（续）

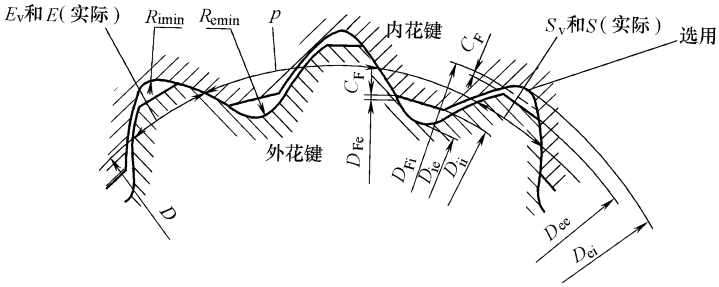
序号	术　　语	代号	定　　义
23	作用齿槽宽　effective space width 最大值　maximum effective space width 最小值　minimum effective space width	E_v E_{vmax} E_{vmin}	数值等于一与之在全齿长上配合（无间隙且无过盈）的理想全齿外花键分度圆弧齿厚的齿槽宽
24	基本齿厚　basic tooth thickness	S	外花键分度圆上弧齿厚，其值为齿距之半
25	实际齿厚　actual tooth thickness 最大值　maximum actual tooth thickness 最小值　minimum actual tooth thickness	S_{max} S_{min}	在外花键分度圆上各键齿的弧齿厚
26	作用齿厚　effective tooth thickness 最大值　maximum effective tooth thickness 最小值　minimum effective tooth thickness	S_v S_{vmax} S_{vmin}	数值等于与之在全齿长上配合（无间隙且无过盈）的理想全齿内花键分度圆弧齿槽宽的齿厚
27	作用侧隙　effective clearance（全齿侧隙）	C_v	内花键作用齿槽宽减去与之相配合的外花键作用齿厚。正值为间隙，负值为过盈
28	理论侧隙　theoretical clearance（单齿侧隙）	C	内花键实际齿槽宽减去与之相配合的外花键实际齿厚
29	齿形裕度　form clearance	C_F	在花键连接中，渐开线齿形超过结合部分的径向距离
30	总公差　total tolerance	$T+\lambda$	加工公差与综合公差之和
31	加工公差　machining tolerance	T	实际齿槽宽或实际齿厚的允许变动量
32	综合公差　deviation allowance	λ	花键齿（或齿槽）的形状和位置误差的允许范围
33	齿距累积公差　total pitch deviation	F_p	在分度圆上任意两个同侧齿面间的实际弧长与理论弧长之差的最大绝对值的允许范围
34	齿形公差　total profile deviation	F_α	在齿形工作部分（包括齿形裕度、不包括齿顶倒棱）包容实际齿形的两条理论齿形之间法向距离的允许范围
35	齿向公差　total helix deviation	F_β	在花键配合长度范围内，包容实际齿线的两条理论齿线之间分度圆弧长的允许范围 齿线是分度圆柱面与齿面的交线
36	棒间距　measurement between two balls or pins, internal	M_{Ri}	借助两量棒测量内花键实际齿槽宽时两量棒间的内侧距离，统称为 M 值
37	跨棒距　measurement between two balls or pins, external	M_{Re}	借助两量棒测量外花键实际齿厚时两量棒间的外侧距离，统称为 M 值
38	公法线长度　measurement over K teeth 公法线平均长度　average value of measurement over K teeth	W	相隔 K 个齿的两外侧齿面各与两平行平面之中的一个平面相切，此两平行平面之间的垂直距离 必须指明两平行平面所跨的齿数 同一花键上实际测得的公法线长度的平均值
39	基本尺寸　base dimension		设计给定的尺寸，该尺寸是规定公差的基础
40	辅助尺寸　auxiliary dimension		仅在必要时供生产和控制用的尺寸



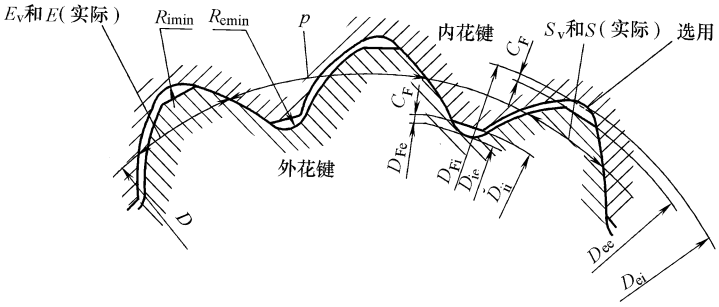
a) 30°平齿根



b) 30°圆齿根



c) 37.5°圆齿根

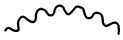
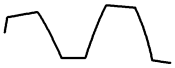
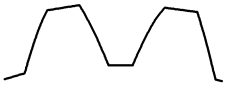
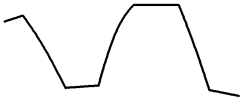


d) 45°圆齿根

图 8-16　渐开线花键连接

圆柱直齿渐开线花键连接基本参数见表 8-101，基本齿廓如图 8-17 所示。圆柱直齿渐开线花键尺寸的计算见表 8-102。

表 8-101　圆柱直齿渐开线花键连接基本参数（摘自 GB/T 3478.1—2008）　（mm）

齿①	模数 m		齿距 p	基本齿槽宽 E 或基本齿厚 S	
				α_D	
	第 1 系列	第 2 系列		30°、37.5°	45°
	0.25	—	0.785	—	0.393
	0.5	—	1.571	0.785	0.785
	—	0.75	2.356	1.178	1.178
	1	—	3.142	1.571	1.571
	—	1.25	3.927	1.963	1.963
	1.5	—	4.712	2.356	2.356
	—	1.75	5.498	2.749	2.749
	2	—	6.283	3.142	3.142
	2.5	—	7.851	3.927	3.927
	3	—	9.425	4.712	—
	—	4	12.566	6.283	—
	5	—	15.708	7.854	—
	—	6	18.850	9.425	—
	—	8	25.133	12.566	—

（续）

齿①	模数 m		齿距 p	基本齿槽宽 E 或基本齿厚 S	
				α_D	
	第 1 系列	第 2 系列		30°、37.5°	45°
	10	—	31.416	15.708	—

注：1. 模数分两个系列，共 15 种，优先采用第一系列。

2. 标准压力角 α_D 是基本齿廓的齿形角。

① 为便于对比，给出标准压力角 α_D 为 30°，齿数为 30 时，不同模数，比例为 1:1 的花键齿的大小。

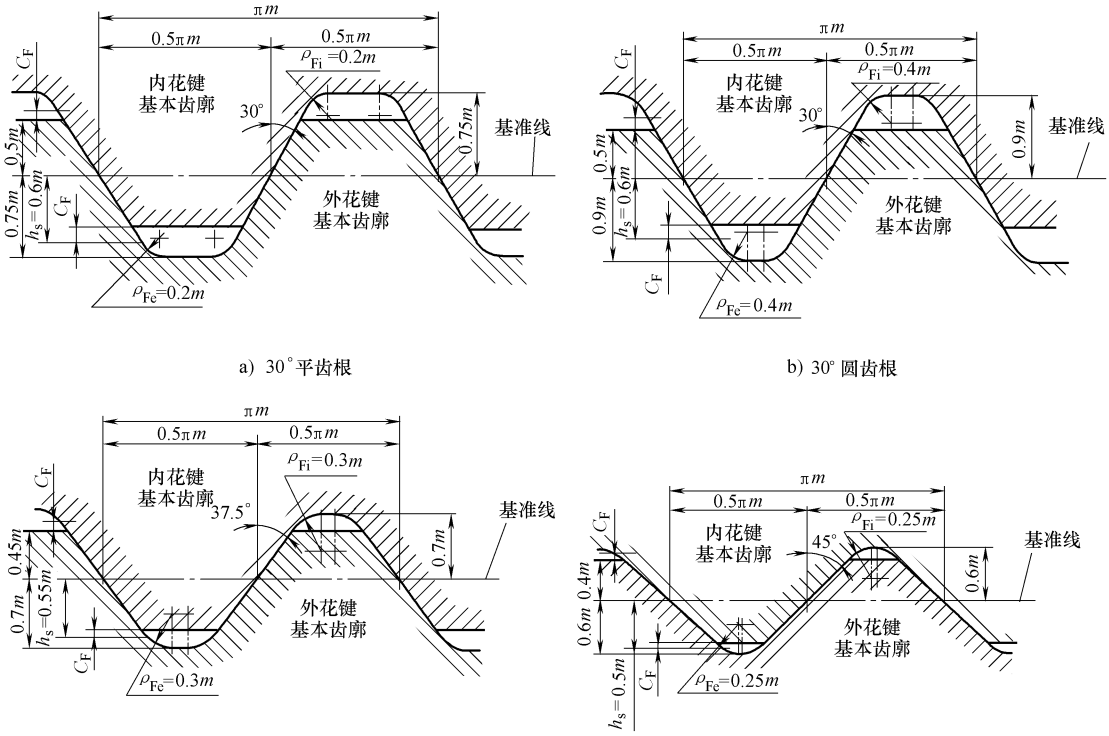


图 8-17　圆柱直齿渐开线花键连接基本齿廓

注：1. 所有基本齿廓的齿形裕度 C_F 值均为 0.1m。

2. 允许平齿根和圆齿根的基本齿廓在内、外花键上混合使用。

表 8-102　圆柱直齿渐开线花键尺寸计算公式（摘自 GB/T 3478.1—2008）

项　　目	代　号	公 式 或 说 明
分度圆直径	D	mz
基圆直径	D_b	$mz\cos\alpha_D$
齿距	p	πm
内花键大径基本尺寸 30°平齿根	D_{ei}	$m(z+1.5)$

（续）

项　　目	代　号	公 式 或 说 明
30°圆齿根	D_{ei}	$m(z+1.8)$
37.5°圆齿根	D_{ei}	$m(z+1.4)$①
45°圆齿根	D_{ei}	$m(z+1.2)$①
内花键大径下偏差		0
内花键大径公差		从 IT12、IT13 或 IT14 中选取
内花键渐开线终止圆直径最小值		
30°平齿根和圆齿根	D_{Fimin}	$m(z+1)+2C_F$
37.5°圆齿根	D_{Fimin}	$m(z+0.9)+2C_F$
45°圆齿根	D_{Fimin}	$m(z+0.8)+2C_F$
内花键小径基本尺寸	D_{ii}	$D_{Femax}+2C_F$②
内花键小径极限偏差		见 GB/T 3478.1—2008 中表 25
基本齿槽宽	E	$0.5\pi m$
作用齿槽宽最小值	E_{vmin}	$0.5\pi m$
实际齿槽宽最大值	E_{max}	$E_{vmin}+(T+\lambda)$ 见 GB/T 3478.1—2008 中相应表及图
实际齿槽宽最小值	E_{min}	$E_{vmin}+\lambda$ 见 GB/T 3478.1—2008 中相应表及图
作用齿槽宽最大值	E_{vmax}	$E_{max}-\lambda$
外花键作用齿厚上偏差	es_v	见 GB/T 3478.1—2008 中相应表及图
外花键大径基本尺寸		
30°平齿根和圆齿根	D_{ee}	$m(z+1)$
37.5°圆齿根	D_{ee}	$m(z+0.9)$
45°圆齿根	D_{ee}	$m(z+0.8)$
外花键大径上偏差		$es_v/\tan\alpha_D$ 见 GB/T 3478.1—2008 表 24
外花键大径公差		见 GB/T 3478.1—2008 表 25
外花键渐开线起始圆直径最大值	D_{Femax}	$2\times\sqrt{(0.5D_b)^2+\left(0.5D\sin\alpha_D-\frac{h_s-0.5es_v/\tan\alpha_D}{\sin\alpha_D}\right)^2}$③
外花键小径基本尺寸		
30°平齿根	D_{ie}	$m(z-1.5)$
30°圆齿根	D_{ie}	$m(z-1.8)$
37.5°圆齿根	D_{ie}	$m(z-1.4)$
45°圆齿根	D_{ie}	$m(z-1.2)$
外花键小径上偏差		$es_v/\tan\alpha_D$，见 GB/T 3478.1—2008 中表 24
外花键小径公差		从 IT12、IT13 或 IT14 中选取
基本齿厚	S	$0.5\pi m$
作用齿厚最大值	S_{vmax}	$S+es_v$
实际齿厚最小值	S_{min}	$S_{vmax}-(T+\lambda)$（见 GB/T 3478.1—2008 中相应表）
实际齿厚最大值	S_{max}	$S_{vmax}-\lambda$（见 GB/T 3478.1—2008 中相应表）
作用齿厚最小值	S_{vmin}	$S_{min}+\lambda$
齿形裕度	C_F	$0.1m$④

① 37.5°和 45°圆齿根内花键允许选用平齿根，此时，内花键大径基本尺寸 D_{ei} 应大于内花键渐开线终止圆直径最小值 D_{Fimin}。

② 对所有花键齿侧配合类别，均按 H/h 配合类别取 D_{Femax} 值。

③ 本公式是按齿条形刀具加工原理推导的。

④ 除 H/h 配合类别 C_F 等于 $0.1m$ 外，其他各种配合类别的齿形裕度均有变化。

圆柱渐开线外花键大径基本尺寸系列见表 8-103 ~ 表 8-105。

表 8-103　30°外花键大径基本尺寸系列（摘自 GB/T 3478.1—2008）

$D_{ee} = m(z+1)$　　(mm)

齿数 z	模数 m													
	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5	3	(4)	5	(6)	(8)	10
10	5.50	8.25	11	13.75	16.50	19.25	22	27.50	33	44	55	66	88	110
11	6.00	9.00	12	15.00	18.00	21.00	24	30.00	36	48	60	72	96	120
12	6.50	9.75	13	16.25	19.50	22.75	26	32.50	39	52	65	78	104	130
13	7.00	10.50	14	17.50	21.00	24.50	28	35.00	42	56	70	84	112	140
14	7.50	11.25	15	18.75	22.50	26.25	30	37.50	45	60	75	90	120	150
15	8.00	12.00	16	20.00	24.00	28.00	32	40.00	48	64	80	96	128	160
16	8.50	12.75	17	21.25	25.50	29.75	34	42.50	51	68	85	102	136	170
17	9.00	13.50	18	22.50	27.00	31.50	36	45.00	54	72	90	108	144	180
18	9.50	14.25	19	23.75	28.50	33.25	38	47.50	57	76	95	114	152	190
19	10.00	15.00	20	25.00	30.00	35.00	40	50.00	60	80	100	120	160	200
20	10.50	15.75	21	26.25	31.50	36.75	42	52.50	63	84	105	126	168	210
21	11.00	16.50	22	27.50	33.00	38.50	44	55.00	66	88	110	132	176	220
22	11.50	17.25	23	28.75	34.50	40.25	46	57.50	69	92	115	138	184	230
23	12.00	18.00	24	30.00	36.00	42.00	48	60.00	72	96	120	144	192	240
24	12.50	18.75	25	31.25	37.50	43.75	50	62.50	75	100	125	150	200	250
25	13.00	19.50	26	32.50	39.00	45.50	52	65.00	78	104	130	156	208	260
26	13.50	20.25	27	33.75	40.50	47.25	54	67.50	81	108	135	162	216	270
27	14.00	21.00	28	35.00	42.00	49.00	56	70.00	84	112	140	168	224	280
28	14.50	21.75	29	36.25	43.50	50.75	58	72.50	87	116	145	174	232	290
29	15.00	22.50	30	37.50	45.00	52.50	60	75.00	90	120	150	180	240	300
30	15.50	23.25	31	38.75	46.50	54.25	62	77.50	93	124	155	186	248	310
31	16.00	24.00	32	40.00	48.00	56.00	64	80.00	96	128	160	192	256	320
32	16.50	24.75	33	41.25	49.50	57.75	66	82.50	99	132	165	198	264	330
33	17.00	25.50	34	42.50	51.00	59.50	68	85.00	102	136	170	204	272	340
34	17.50	26.25	35	43.75	52.50	61.25	70	87.50	105	140	175	210	280	350
35	18.00	27.00	36	45.00	54.00	63.00	72	90.00	108	144	180	216	288	360
36	18.50	27.75	37	46.25	55.50	64.75	74	92.50	111	148	185	222	296	370
37	19.00	28.50	38	47.50	57.00	66.50	76	95.00	114	152	190	228	304	380
38	19.50	29.25	39	48.75	58.50	68.25	78	97.50	117	156	195	234	312	390
39	20.00	30.00	40	50.00	60.00	70.00	80	100.00	120	160	200	240	320	400
40	20.50	30.75	41	51.25	61.50	71.75	82	102.5	123	164	205	246	328	410
41	21.00	31.50	42	52.50	63.00	73.50	84	105.0	126	168	210	252	336	420
42	21.50	32.25	43	53.75	64.50	75.25	86	107.5	129	172	215	258	344	430
43	22.00	33.00	44	55.00	66.00	77.00	88	110.0	132	176	220	264	352	440
44	22.50	33.75	45	56.25	67.50	78.75	90	112.5	135	180	225	270	360	450
45	23.00	34.50	46	57.50	69.00	80.50	92	115.0	138	184	230	276	368	460
46	23.50	35.25	47	58.75	70.50	82.25	94	117.5	141	188	235	282	376	470
47	24.00	36.00	48	60.00	72.00	84.00	96	120.0	144	192	240	288	384	480
48	24.50	36.75	49	61.25	73.50	85.75	98	122.5	147	196	245	294	392	490
49	25.00	37.50	50	62.50	75.00	87.50	100	125.0	150	200	250	300	400	500
50	25.50	38.25	51	63.75	76.50	89.25	102	127.5	153	204	255	306	408	510
51	26.00	39.00	52	65.00	78.00	91.00	104	130.0	156	208	260	312	416	520
52	26.50	39.75	53	66.25	79.50	92.75	106	132.5	159	212	265	318	424	530
53	27.00	40.50	54	67.50	81.00	94.50	108	135.0	162	216	270	324	432	540
54	27.50	41.25	55	68.75	82.50	96.25	110	137.5	165	220	275	330	440	550

（续）

齿数 z	模数 m													
	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5	3	(4)	5	(6)	(8)	10
55	28.00	42.00	56	70.00	84.00	98.00	112	140.0	168	224	280	336	448	560
56	28.50	42.75	57	71.25	85.50	99.75	114	142.50	171	228	285	342	456	570
57	29.00	43.50	58	72.50	87.00	101.50	116	145.00	174	232	290	348	464	580
58	29.50	44.25	59	73.75	88.50	103.25	118	147.50	177	236	295	354	472	590
59	30.00	45.00	60	75.00	90.00	105.00	120	150.00	180	240	300	360	480	600
60	30.50	45.75	61	76.25	91.50	106.75	122	152.50	183	244	305	366	488	610
61	31.00	46.50	62	77.50	93.00	108.50	124	155.00	186	248	310	372	496	620
62	31.50	47.25	63	78.75	94.50	110.25	126	157.50	189	252	315	378	504	630
63	32.00	48.00	64	80.00	96.00	112.00	128	160.00	192	256	320	384	512	640
64	32.50	48.75	65	81.25	97.50	113.75	130	162.50	195	260	325	390	520	650
65	33.00	49.50	66	82.50	99.00	115.50	132	165.00	198	264	330	396	528	660
66	33.50	50.25	67	83.75	100.50	117.25	134	167.50	201	268	335	402	536	670
67	34.00	51.00	68	85.00	102.00	119.00	136	170.00	204	272	340	408	544	680
68	34.50	51.75	69	86.25	103.50	120.75	138	172.50	207	276	345	414	552	690
69	35.00	52.50	70	87.50	105.00	122.50	140	175.00	210	280	350	420	560	700
70	35.50	53.25	71	88.75	106.50	124.25	142	177.50	213	284	355	426	568	710
71	36.00	54.00	72	90.00	108.00	126.00	144	180.00	216	288	360	432	576	720
72	36.50	54.75	73	91.25	109.50	127.75	146	182.50	219	292	365	438	584	730
73	37.00	55.50	74	92.50	111.00	129.50	148	185.00	222	296	370	444	592	740
74	37.50	56.25	75	93.75	112.50	131.25	150	187.50	225	300	375	450	600	750
75	38.00	57.00	76	95.00	114.00	133.00	152	190.00	228	304	380	456	608	760
76	38.50	57.75	77	96.25	115.50	134.75	154	192.50	231	308	385	462	616	770
77	39.00	58.50	78	97.50	117.00	136.50	156	195.00	234	312	390	468	624	780
78	39.50	59.25	79	98.75	118.50	138.25	158	197.50	237	316	395	474	632	790
79	40.00	60.00	80	100.00	120.00	140.00	160	200.00	240	320	400	480	640	800
80	40.50	60.75	81	101.25	121.50	141.75	162	202.50	243	324	405	486	648	810
81	41.00	61.50	82	102.50	123.00	143.50	164	205.00	246	328	410	492	656	820
82	41.50	62.25	83	103.75	124.50	145.25	166	207.50	249	332	415	498	664	830
83	42.00	63.00	84	105.00	126.00	147.00	168	210.00	252	336	420	504	672	840
84	42.50	63.75	85	106.25	127.50	148.75	170	212.50	255	340	425	510	680	850
85	43.00	64.50	86	107.50	129.00	150.50	172	215.00	258	344	430	516	688	860
86	43.50	65.25	87	108.75	130.50	152.25	174	217.50	261	348	435	522	696	870
87	44.00	66.00	88	110.00	132.00	154.00	176	220.00	264	352	440	528	704	880
88	44.50	66.75	89	111.25	133.50	155.75	178	222.50	267	356	445	534	712	890
89	45.00	67.50	90	112.50	135.00	157.50	180	225.00	270	360	450	540	720	900
90	45.50	68.25	91	113.75	136.50	159.25	182	227.50	273	364	455	546	728	910
91	46.00	69.00	92	115.00	138.00	161.00	184	230.00	276	368	460	552	736	920
92	46.50	69.75	93	116.25	139.50	162.75	186	232.50	279	372	465	558	744	930
93	47.00	70.50	94	117.50	141.00	164.50	188	235.00	282	376	470	564	752	940
94	47.50	71.25	95	118.75	142.50	166.25	190	237.50	285	380	475	570	760	950
95	48.00	72.00	96	120.00	144.00	168.00	192	240.00	288	384	480	576	768	960
96	48.50	72.75	97	121.25	145.50	169.75	194	242.50	291	388	485	582	776	970
97	49.00	73.50	98	122.50	147.00	171.50	196	245.00	294	392	490	588	784	980
98	49.50	74.25	99	123.75	148.50	173.25	198	247.50	297	396	495	594	792	990
99	50.00	75.00	100	125.00	150.00	175.00	200	250.00	300	400	500	600	800	1000
100	50.50	75.75	101	126.25	151.50	176.75	202	252.50	303	404	505	606	808	1010

表 8-104　37.5°外花键大径基本尺寸系列（摘自 GB/T 3478.1—2008）

$D_{ee}=m(z+0.9)$　　（mm）

齿数 z	模数 m													
	0.5	(0.75)	1	(1.25)	1.5	(1.75)	2	2.5	3	(4)	5	(6)	(8)	10
10	5.45	8.18	10.90	13.63	16.35	19.08	21.80	27.25	32.70	43.60	54.50	65.40	87.20	109
11	5.95	8.93	11.90	14.88	17.85	20.83	23.80	29.75	35.70	47.60	59.50	71.40	95.20	119
12	6.45	9.68	12.90	16.13	19.35	22.58	25.80	32.25	38.70	51.60	64.50	77.40	103.20	129
13	6.95	10.43	13.90	17.38	20.85	24.33	27.80	34.75	41.70	55.60	69.50	83.40	111.20	139
14	7.45	11.18	14.90	18.63	22.35	26.08	29.80	37.25	44.70	59.60	74.50	89.40	119.20	149
15	7.95	11.93	15.90	19.88	23.85	27.83	31.80	39.75	47.70	63.60	79.50	95.40	127.20	159
16	8.45	12.68	16.90	21.13	25.35	29.58	33.80	42.25	50.70	67.60	84.50	101.40	135.20	169
17	8.95	13.43	17.90	22.38	26.85	31.33	35.80	44.75	53.70	71.60	89.50	107.40	143.20	179
18	9.45	14.18	18.90	23.63	28.35	33.08	37.80	47.25	56.70	75.60	94.50	113.40	151.20	189
19	9.95	14.93	19.90	24.88	29.85	34.83	39.80	49.75	59.70	79.60	99.50	119.40	159.20	199
20	10.45	15.68	20.90	26.13	31.35	36.58	41.80	52.25	62.70	83.60	104.50	125.40	167.20	209
21	10.95	16.43	21.90	27.38	32.85	38.33	43.80	54.75	65.70	87.60	109.50	131.40	175.20	219
22	11.45	17.18	22.90	28.63	34.35	40.08	45.80	57.25	68.70	91.60	114.50	137.40	183.20	229
23	11.95	17.93	23.90	29.88	35.85	41.83	47.80	59.75	71.70	95.60	119.50	143.40	191.20	239
24	12.45	18.68	24.90	31.13	37.35	43.58	49.80	62.25	74.70	99.60	124.50	149.40	199.20	249
25	12.95	19.43	25.90	32.38	38.85	45.33	51.80	64.75	77.70	103.60	129.50	155.40	207.20	259
26	13.45	20.18	26.90	33.63	40.35	47.08	53.80	67.25	80.70	107.60	134.50	161.40	215.20	269
27	13.95	20.93	27.90	34.88	41.85	48.83	55.80	69.75	83.70	111.60	139.50	167.40	223.20	279
28	14.45	21.68	28.90	36.13	43.35	50.58	57.80	72.25	86.70	115.60	144.50	173.40	231.20	289
29	14.95	22.43	29.90	37.38	44.85	52.33	59.80	74.75	89.70	119.60	149.50	179.40	239.20	299
30	15.45	23.18	30.90	38.63	46.35	54.08	61.80	77.25	92.70	123.60	154.50	185.40	247.20	309
31	15.95	23.93	31.90	39.88	47.85	55.83	63.80	79.75	95.70	127.60	159.50	191.40	255.20	319
32	16.45	24.68	32.90	41.13	49.35	57.58	65.80	82.25	98.70	131.60	164.50	197.40	263.20	329
33	16.95	25.43	33.90	42.38	50.85	59.33	67.80	84.75	101.70	135.60	169.50	203.40	271.20	339
34	17.45	26.18	34.90	43.63	52.35	61.08	69.80	87.25	104.70	139.60	174.50	209.40	279.20	349
35	17.95	26.93	35.90	44.88	53.85	62.83	71.80	89.75	107.70	143.60	179.50	215.40	287.20	359
36	18.45	27.68	36.90	46.13	55.35	64.58	73.80	92.25	110.70	147.60	184.50	221.40	295.20	369
37	18.95	28.43	37.90	47.38	56.85	66.33	75.80	94.75	113.70	151.60	189.50	227.40	303.20	379
38	19.45	29.18	38.90	48.63	58.35	68.08	77.80	97.25	116.70	155.60	194.50	233.40	311.20	389
39	19.95	29.93	39.90	49.88	59.85	69.83	79.80	99.75	119.70	159.60	199.50	239.40	319.20	399
40	20.45	30.68	40.90	51.13	61.35	71.58	81.80	102.30	122.70	163.60	204.50	245.40	327.20	409
41	20.95	31.43	41.90	52.38	62.85	73.33	83.80	104.80	125.70	167.60	209.50	251.40	335.20	419
42	21.45	32.18	42.90	53.63	64.35	75.08	85.80	107.30	128.70	171.60	214.50	257.40	343.20	429
43	21.95	32.93	43.90	54.88	65.85	76.83	87.80	109.80	131.70	175.60	219.50	263.40	351.20	439
44	22.45	33.68	44.90	56.13	67.35	78.58	89.80	112.30	134.70	179.60	224.50	269.40	359.20	449
45	22.95	34.43	45.90	57.38	68.85	80.33	91.80	114.80	137.70	183.60	229.50	275.40	367.20	459
46	23.45	35.18	46.90	58.63	70.35	82.08	93.80	117.30	140.70	187.60	234.50	281.40	375.20	469
47	23.95	35.93	47.90	59.88	71.85	83.83	95.80	119.80	143.70	191.60	239.50	287.40	383.20	479
48	24.45	36.68	48.90	61.13	73.35	85.58	97.80	122.30	146.70	195.60	244.50	293.40	391.20	489
49	24.95	37.43	49.90	62.38	74.85	87.33	99.80	124.80	149.70	199.60	249.50	299.40	399.20	499
50	25.45	38.18	50.90	63.63	76.35	89.08	101.80	127.30	152.70	203.60	254.50	305.40	407.20	509
51	25.95	38.93	51.90	64.88	77.85	90.83	103.80	129.80	155.70	207.60	259.50	311.40	415.20	519
52	26.45	39.68	52.90	66.13	79.35	92.58	105.80	132.30	158.70	211.60	264.50	317.40	423.20	529
53	26.95	40.43	53.90	67.38	80.85	94.33	107.80	134.80	161.70	215.60	269.50	323.40	431.20	539
54	27.45	41.18	54.90	68.63	82.35	96.08	109.80	137.30	164.70	219.60	274.50	329.40	439.20	549
55	27.95	41.93	55.90	69.88	83.85	97.83	111.80	139.80	167.70	223.60	279.50	335.40	447.20	559

表 8-105　45°外花键大径基本尺寸系列(摘自 GB/T 3478.1—2008)

$D_{ee}=m(z+1)$　(mm)

齿数 z	模数 m								
	0.25	0.5	(0.75)	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5
10	2.70	5.40	8.10	10.80	13.50	16.20	18.90	21.60	27.00
11	2.95	5.90	8.85	11.80	14.75	17.70	20.65	23.60	29.50
12	3.20	6.40	9.60	12.80	16.00	19.20	22.40	25.60	32.00
13	3.45	6.90	10.35	13.80	17.25	20.70	24.15	27.60	34.50
14	3.70	7.40	11.10	14.80	18.50	22.20	25.90	29.60	37.00
15	3.95	7.90	11.85	15.80	19.75	23.70	27.65	31.60	39.50
16	4.20	8.40	12.60	16.80	21.00	25.20	29.40	33.60	42.00
17	4.45	8.90	13.35	17.80	22.25	26.70	31.15	35.60	44.50
18	4.70	9.40	14.10	18.80	23.50	28.20	32.90	37.60	47.00
19	4.95	9.90	14.85	19.80	24.75	29.70	34.65	39.60	49.50
20	5.20	10.40	15.60	20.80	26.00	31.20	36.40	41.60	52.00
21	5.45	10.90	16.35	21.80	27.25	32.70	38.15	43.60	54.50
22	5.70	11.40	17.10	22.80	28.50	34.20	39.90	45.60	57.00
23	5.95	11.90	17.85	23.80	29.75	35.70	41.65	47.60	59.50
24	6.20	12.40	18.60	24.80	31.00	37.20	43.40	49.60	62.00
25	6.45	12.90	19.35	25.80	32.25	38.70	45.15	51.60	64.50
26	6.70	13.40	20.10	26.80	33.50	40.20	46.90	53.60	67.00
27	6.95	13.90	20.85	27.80	34.75	41.70	48.65	55.60	69.50
28	7.20	14.40	21.60	28.80	36.00	43.20	50.40	57.60	72.00
29	7.45	14.90	22.35	29.80	37.25	44.70	52.15	59.60	74.50
30	7.70	15.40	23.10	30.80	38.50	46.20	53.90	61.60	77.00
31	7.95	15.90	23.85	31.80	39.75	47.70	55.65	63.60	79.50
32	8.20	16.40	24.60	32.80	41.00	49.20	57.40	65.60	82.00
33	8.45	16.90	25.35	33.80	42.25	50.70	59.15	67.60	84.50
34	8.70	17.40	26.10	34.80	43.50	52.20	60.90	69.60	87.00
35	8.95	17.90	26.85	35.80	44.75	53.70	62.65	71.60	89.50
36	9.20	18.40	27.60	36.80	46.00	55.20	64.40	73.60	92.00
37	9.45	18.90	28.35	37.80	47.25	56.70	66.15	75.60	94.50
38	9.70	19.40	29.10	38.80	48.50	58.20	67.90	77.60	97.00
39	9.95	19.90	29.85	39.80	49.75	59.70	69.65	79.60	99.50
40	10.20	20.40	30.60	40.80	51.00	61.20	71.40	81.60	102.00
41	10.45	20.90	31.35	41.80	52.25	62.70	73.15	83.60	104.50
42	10.70	21.40	32.10	42.80	53.50	64.20	74.90	85.60	107.00
43	10.95	21.90	32.85	43.80	54.75	65.70	76.65	87.60	109.50
44	11.20	22.40	33.60	44.80	56.00	67.20	78.40	89.60	112.00
45	11.45	22.90	34.35	45.80	57.25	68.70	80.15	91.60	114.50
46	11.70	23.40	35.10	46.80	58.50	70.20	81.90	93.60	117.00
47	11.95	23.90	35.85	47.80	59.75	71.70	83.65	95.60	119.50
48	12.20	24.40	36.60	48.80	61.00	73.20	85.40	97.60	122.00
49	12.45	24.90	37.35	49.80	62.25	74.70	87.15	99.60	124.50
50	12.70	25.40	38.10	50.80	63.50	76.20	88.90	101.60	127.00
51	12.95	25.90	38.85	51.80	64.75	77.70	90.65	103.60	129.50
52	13.20	26.40	39.60	52.80	66.00	79.20	92.40	105.60	132.00
53	13.45	26.90	40.35	53.80	67.25	80.70	94.15	107.60	134.50
54	13.70	27.40	41.10	54.80	68.50	82.20	95.90	109.60	137.00
55	13.95	27.90	41.85	55.80	69.75	83.70	97.65	111.60	139.50

（续）

齿数 z	模数 m								
	0.25	0.5	(0.75)	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5
56	14.20	28.40	42.60	56.80	71.00	85.20	99.40	113.60	142.00
57	14.45	28.90	43.35	57.80	72.25	86.70	101.15	115.60	144.50
58	14.70	29.40	44.10	58.80	73.50	88.20	102.90	117.60	147.00
59	14.95	29.90	44.85	59.80	74.75	89.70	104.65	119.60	149.50
60	15.20	30.40	45.60	60.80	76.00	91.20	106.40	121.60	152.00
61	15.45	30.90	46.35	61.80	77.25	92.70	108.15	123.60	154.50
62	15.70	31.40	47.10	62.80	78.50	94.20	109.90	125.60	157.00
63	15.95	31.90	47.85	63.80	79.75	95.70	111.65	127.60	159.50
64	16.20	32.40	48.60	64.80	81.00	97.20	113.40	129.60	162.00
65	16.45	32.90	49.35	65.80	82.25	98.70	115.15	131.60	164.50
66	16.70	33.40	50.10	66.80	83.50	100.20	116.90	133.60	167.00
67	16.95	33.90	50.85	67.80	84.75	101.70	118.65	135.60	169.50
68	17.20	34.40	51.60	68.80	86.00	103.20	120.40	137.60	172.00
69	17.45	34.90	52.35	69.80	87.25	104.70	122.15	139.60	174.50
70	17.70	35.40	53.10	70.80	88.50	106.20	123.90	141.60	177.00
71	17.95	35.90	53.85	71.80	89.75	107.70	125.65	143.60	179.50
72	18.20	36.40	54.60	72.80	91.00	109.20	127.40	145.60	182.00
73	18.45	36.90	55.35	73.80	92.25	110.70	129.15	147.60	184.50
74	18.70	37.40	56.10	74.80	93.50	112.20	130.90	149.60	187.00
75	18.95	37.90	56.85	75.80	94.75	113.70	132.65	151.60	189.50
76	19.20	38.40	57.60	76.80	96.00	115.20	134.40	153.60	192.00
77	19.45	38.90	58.35	77.80	97.25	116.70	136.15	155.60	194.50
78	19.70	39.40	59.10	78.80	98.50	118.20	137.90	157.60	197.00
79	19.95	39.90	59.85	79.80	99.75	119.70	139.65	159.60	199.50
80	20.20	40.40	60.60	80.80	101.0	121.20	141.40	161.60	202.00
81	20.45	40.90	61.35	81.80	102.3	122.70	143.15	163.60	204.50
82	20.70	41.40	62.10	82.80	103.5	124.20	144.90	165.60	207.00
83	20.95	41.90	62.85	83.80	104.8	125.70	146.65	167.60	209.50
84	21.20	42.40	63.60	84.80	106.0	127.20	148.40	169.60	212.00
85	21.45	42.90	64.35	85.80	107.3	128.70	150.15	171.60	214.50
86	21.70	43.40	65.10	86.80	108.5	130.20	151.90	173.60	217.00
87	21.95	43.90	65.85	87.80	109.8	131.70	153.65	175.60	219.50
88	22.20	44.40	66.60	88.80	111.0	133.20	155.40	177.60	222.00
89	22.45	44.90	67.35	89.80	112.3	134.70	157.15	179.60	224.50
90	22.70	45.40	68.10	90.80	113.5	136.20	158.90	181.60	227.00
91	22.95	45.90	68.85	91.80	114.8	137.70	160.65	183.60	229.50
92	23.20	46.40	69.60	92.80	116.0	139.20	162.40	185.60	232.00
93	23.45	46.90	70.35	93.80	117.3	140.70	164.15	187.60	234.50
94	23.70	47.40	71.10	94.80	118.5	142.20	165.90	189.60	237.00
95	23.95	47.90	71.85	95.80	119.8	143.70	167.65	191.60	239.50
96	24.20	48.40	72.60	96.80	121.0	145.20	169.40	193.60	242.00
97	24.45	48.90	73.35	97.80	122.3	146.70	171.15	195.60	244.50
98	24.70	49.40	74.10	98.80	123.5	148.20	172.90	197.60	247.00
99	24.95	49.90	74.85	99.80	124.8	149.70	174.65	199.60	249.50
100	25.20	50.40	75.60	100.80	126.0	151.20	176.40	201.60	252.00

花键齿侧配合的性质取决于最小作用侧隙（见图 8-18），本部分规定花键连接有六种齿侧配合类别：H/k、H/js、H/h、H/f、H/e 和 H/d。对 45°标准压力角的花键连接，应优先选用 H/k、H/h 和 H/f。

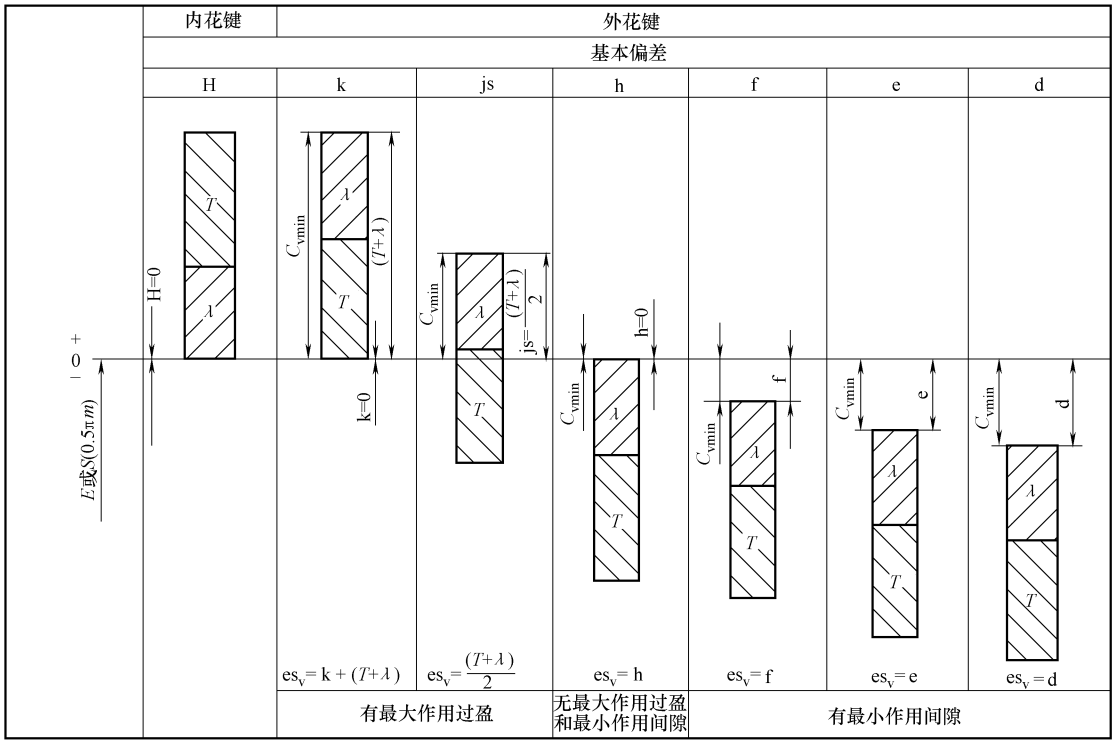


图 8-18　齿侧配合的公差带分布图

在有关图样的技术文件中，需要标记时，应符合如下规定：

内花键：INT

外花键：EXT

花键副：INT/EXT

齿数：z（前面加齿数值）

模数：m（前面加模数值）

30°平齿根：30P

30°圆齿根：30R

37.5°圆齿根：37.5

45°圆齿根：45

公差等级：4、5、6 或 7

配合类别：H（内花键）

　　k、js、h、f、e 或 d（外花键）

标准编号：GB/T 3478.1—2008

标记示例

示例1：花键副，齿数24、模数2.5、30°圆齿根、公差等级为5级、配合类别为H/h。

花键副：INT/EXT　24z×2.5m×30R×5H/5h　GB/T 3478.1—2008

内花键：INT　24z×2.5m×30R×5H　GB/T 3478.1—2008

外花键：EXT　24z×2.5m×30R×5h　GB/T 3478.1—2008

示例2：花键副，齿数24、模数2.5、内花键为30°平齿根、公差等级为6级；外花键为30°圆齿根、其公差等级为5级、配合类别为H/h。

花键副：INT/EXT　24z×2.5m×30P/R×6H/5h　GB/T 3478.1—2008

内花键：INT　24z×2.5m×30P×6H　GB/T 3478.1—2008

外花键：EXT　24z×2.5m×30R×5h　GB/T 3478.1—2008

示例3：花键副，齿数24、模数2.5、37.5°圆齿根、公差等级为6级、配合类别为H/h。

花键副：INT/EXT　24z×2.5m×37.5×6H/6h　GB/T 3478.1—2008

内花键：INT　24z×2.5m×37.5×6H　GB/T 3478.1—2008

外花键：EXT　24z×2.5m×37.5×6h　GB/T 3478.1—2008

示例4：花键副，齿数24、模数2.5、45°圆齿根、内花键公差等级为6级、外花键公差等级为7级、配合类别为H/h。

花键副：INT/EXT　24z×2.5m×45×6H/7h　GB/T 3478.1—2008

内花键：INT　24z×2.5m×45×6H　GB/T 3478.1—2008

外花键：EXT　24z×2.5m×45×7h　GB/T 3478.1—2008

8.3　销连接

8.3.1　基本设计计算方法

销连接主要用于固定零件间的位置，称定位销；也可用于连接，传递不大的载荷，称连接销，还可作为安全保护装置中的剪断元件，称为安全销。销连接的类型、特点和应用见表8-106。

8.3.1.1　设计计算原则

销连接的选择通常首先按连接的用途和定位零件尺寸（例如轴直径或被连接件的厚度等）以及传递载荷大小等去选择销的类型，查机械设计手册的经验公式或凭经验估出定位销的尺寸，一般不进行强度校核，必要时按剪切和挤压强度进行校核计算。安全销在机器过载时应被剪断，因此销的直径应按过载时被剪断的条件确定。

8.3.1.2　设计计算实例

实例1　如图8-19所示：一个联轴器用4个安全销连接。已知传递的功率 $P=10\text{kW}$，转速 $n=106\text{r/min}$，销中心所在圆的直径 $D_0=150\text{mm}$。试确定安全销的直径

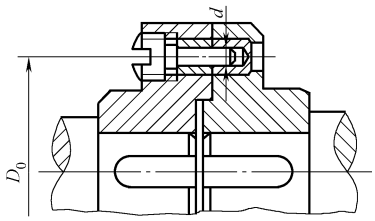
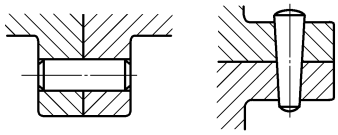
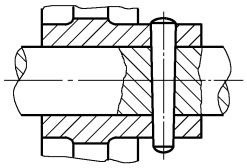
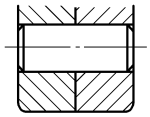
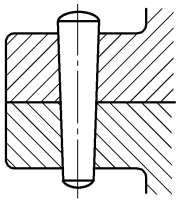
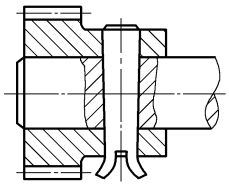
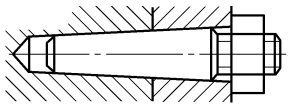
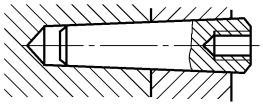


图8-19　实例1图

（取许用切应力［τ］=240MPa）。

表 8-106　销连接的主要类型及应用

分类	类型	结　构	特点和应用
按用途分	定位销		销连接主要用于固定零件间的位置，称定位销，如左图所示，定位销必须多于两个，一般取两个定一个平面
	连接销		销也可用于连接，能够传递不大的载荷，称连接销 如左图所示的销，将轴毂与轴连接起来，结构简单，只能传递很小的载荷
按形状分	圆柱销		圆柱销：形状为圆柱形，加工较简单，但是不能多次装拆，否则定位精度会下降
	圆锥销		圆锥销一般加工成锥度为 1:50，可自锁，定位精度较高，为了便于拆卸，圆锥销的高度应大于被连接件的厚度，如左图所示。圆锥销有很高的定位精度，且允许多次装拆，因此广泛应用在各种机械中，例如减速器上下箱体的定位就采用了圆锥销
	开尾圆锥销		左图所示的开尾圆锥销在圆锥的小端加工成两半，安装后使其分开，从而防止脱出。尤其适用于有冲击、振动的场合
	带螺纹的圆锥销	 外螺纹圆锥销  内螺纹圆锥销	左图为特殊形式销：带螺纹锥销，上边的图为普通（即外螺纹）螺尾圆锥销；下边的图为内螺纹圆锥销 带螺纹的圆锥销可用于结构受限、使销孔无法开通的不通孔或拆卸困难的场合，例如蜗杆减速器侧面的箱盖与箱体无法开通销孔，可用螺尾圆锥销定位，并利用螺纹使销杆产生轴向位移，从而方便拆下圆锥销。内螺纹圆锥销多用于结构受限无法用扳手的情况

解：

（1）求轴传递的扭矩

$$T = 9.55 \times 10^6 \frac{P}{n}$$

$$= 9.55 \times 10^6 \frac{10}{106} \text{N} \cdot \text{mm} = 9 \times 10^5 \text{N} \cdot \text{mm}$$

（2）确定安全销的直径

$$d \geqslant \sqrt{\frac{8T}{D_0 Z \pi [\tau]}}$$

$$= \sqrt{\frac{8 \times 9 \times 10^5}{150 \times 4 \times \pi \times 240}} \text{mm} \approx 4 \text{mm}$$

实例 2　如图 8-20 所示：轮毂采用的两种销连接方案，已知圆柱销 A8 × 50，传递扭矩 $T = 150\text{N} \cdot \text{m}$，轴直径 $D = 30\text{mm}$，套筒外径 $D_1 = 46\text{mm}$，试计算销的应力，轮毂长 $L = 50\text{mm}$，并作比较。

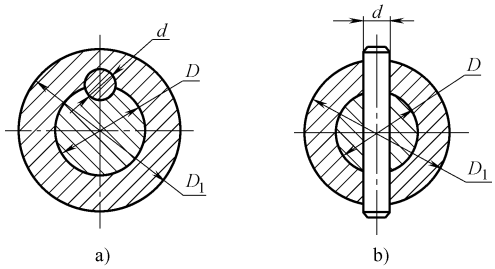


图 8-20　实例 2 图

解：

（1）计算两方案的剪切强度和挤压强度

传递的圆周力：

$$F = \frac{2T}{D} = \frac{2 \times 150 \times 10^3}{30} \text{N} = 10^4 \text{N}$$

对于图 a 所示方案：

切应力：

$$\tau = \frac{F}{dL} = \frac{10^4}{8 \times 50} \text{MPa} = 25 \text{MPa}$$

挤压应力：

$$\sigma_p = \frac{2F}{dL} = \frac{2 \times 10^4}{8 \times 50} \text{MPa} = 50 \text{MPa}$$

对于图 b 所示方案：

切应力：

$$\tau = \frac{4F}{m\pi d^2} = \frac{4 \times 10^4}{2 \times \pi \times 64} \text{MPa} = 99.5 \text{MPa}$$

挤压应力：

$$\sigma_p = \frac{F}{md\dfrac{(D_1 - D)}{2}} = \frac{10^4}{2 \times 8\left(\dfrac{46 - 30}{2}\right)} \text{MPa} = 78.13 \text{MPa}$$

（2）方案比较

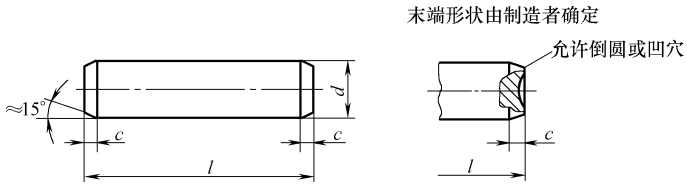
由以上计算可知：在同样的条件下图 a 方案较图 b 方案销所受到的切应力和挤压应力要小，因此强度高，图 a 方案较为合理。

8.3.2　设计标准及规范

8.3.2.1　圆柱销

1. 不淬硬钢和奥氏体不锈钢、淬硬钢和马氏体不锈钢圆柱销（见表 8-107）

表 8-107　不淬硬钢和奥氏体不锈钢（GB/T 119.1—2000）、**淬硬钢和马氏体不锈钢**（GB/T 119.2—2000）**圆柱销**　　（mm）



标记方法按 GB/T 1237 规定。

标记示例

公称直径 $d=6$mm，公差为 m6，公称长度 $l=30$mm，材料为钢，不经淬火，不经表面处理的圆柱销的标记：

销　GB/T 119.1—2000　6 m6×30

公称直径 $d=6$mm，公差为 m6，公称长度 $l=30$mm，材料为 A1 组奥氏体不锈钢，表面简单处理的圆柱销的标记：

销　GB/T 119.1—2000　6 m6×30-A1

公称直径 $d=6$mm，公差为 m6，公称长度 $L=30$mm，材料为钢，普通淬火（A 型），表面氧化处理的圆柱销的标记：

销 GB/T 119.2—2000　6×30

公称直径 $d=6$mm，公差为 m6，公称长度 $L=30$mm，材料为 C1 组马氏体不锈钢，表面简单处理的圆柱销的标记：

销 GB/T 119.2—2000　6×30-C1

尺寸（GB/T 119.1—2000）																					
d　m6/h8①			0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
c　≈			0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.63	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6.3	8
l②																						
公称	min	max																				
2	1.75	2.25																				
3	2.75	3.25																				
4	3.75	4.25																				
5	4.75	5.25																				
6	5.75	6.25																				
8	7.75	8.25																				
10	9.75	10.25																				
12	11.5	12.5																				
14	13.5	14.5																				
16	15.5	16.5																				
18	17.5	18.5																				
20	19.5	20.5																				
22	21.5	22.5																				
24	23.5	24.5									商品											
26	25.5	26.5																				
28	27.5	28.5																				
30	29.5	30.5																				
32	31.5	32.5																				
35	34.5	35.5																				
40	39.5	40.5													长度							
45	44.5	45.5																				

（续）

d m6/h8①			0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
c ≈			0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.63	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6.3	8
l②																						
公称	min	max																				
50	49.5	50.5																				
55	54.25	55.75																				
60	59.25	60.75																				
65	64.25	65.75																				
70	69.25	70.75																范围				
75	74.25	75.75																				
80	79.25	80.75																				
85	84.25	85.75																				
90	89.25	90.75																				
95	94.25	95.75																				
100	99.25	100.75																				
120	119.25	120.75																				
140	139.25	140.75																				
160	159.25	160.75																				
180	179.25	180.75																				
200	199.25	200.75																				

尺寸（GB/T 119.2—2000）

d m6①			1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
c ≈			0.2	0.3	0.35	0.4	0.5	0.63	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5
l③															
公称	min	max													
3	2.75	3.25													
4	3.75	4.25													
5	4.75	5.25													
6	5.75	6.25													
8	7.75	8.25													
10	9.75	10.25													
12	11.5	12.5													
14	13.5	14.5													
16	15.5	16.5													
18	17.5	18.5													
20	19.5	20.5					商品								
22	21.5	22.5													
24	23.5	24.5													
26	25.5	26.5							长度						
28	27.5	28.5													
30	29.5	30.5													
32	31.5	32.5									范围				
35	34.5	35.5													
40	39.5	40.5													
45	44.5	45.5													
50	49.5	50.5													
55	54.25	55.75													
60	59.25	60.75													
65	64.25	65.75													

（续）

d m6[①]			1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
c ≈			0.2	0.3	0.35	0.4	0.5	0.63	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5
l[③]															
公称	min	max													
70	69.25	70.75													
75	74.25	75.75													
80	79.25	80.75													
85	84.25	85.75													
90	89.25	90.75													
95	94.25	95.75													
100	99.25	100.75													

技术条件和引用标准（GB/T 119.1—2000）

材料[④]	钢	奥氏体不锈钢
	硬度 125～245HV30	A1（GB/T 3098.6） 硬度 210～280HV30
表面粗糙度	公差 m6：$Ra \leqslant 0.8\mu m$ 公差 h8：$Ra \leqslant 1.6\mu m$	
表面缺陷	不允许有不规则的和有害的缺陷 销的任何部位不得有毛刺	
表面处理	不经处理 氧化 镀锌钝化按 GB/T 5267 磷化按 GB/T 11376	简单处理
	其他表面镀层或表面处理应由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差	
验收及包装	GB/T 90	

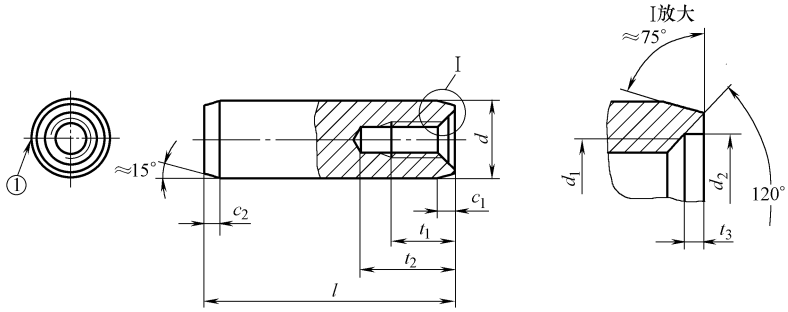
技术条件和引用标准（GB/T 119.2—2000）

材料[④]	钢			马氏体不锈钢
	A 型 普通淬火	B 型 表面淬火		C1（GB/T 3098.6）
	化学成分（质量分数，%）			淬火并回火硬度： 460～560HV30
	C：0.95～1.1 Si：0.15～0.35 Mn：0.25～0.4 P：0.03max S：0.025max Cr：1.35～1.65 硬度：550～650HV30	其他 C：0.06～0.13 Si：0.1～0.4 Mn：0.25～0.6 P：0.025max S：0.05max	或 C：0.15max Si：0.10max Mn：0.9～1.3 P：0.07max S：0.15～0.35 Pb：0.15～0.35	
		由制造者确定 表面硬度：600～700HV1 渗碳层深度 0.25～0.4mm 的硬度：550HV1min		
表面粗糙度	$Ra \leqslant 0.8\mu m$			
表面缺陷	不允许有不规则的和有害的缺陷 销的任何部位不得有毛刺			
表面处理	不经处理 氧化 镀锌钝化按 GB/T 5267 磷化按 GB/T 11376			简单处理
	其他表面镀层或表面处理，应由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差			
验收及包装	GB/T 90			

① 其他公差由供需双方协议。
② 公称长度大于 200mm，按 20mm 递增。
③ 公称长度大于 100mm，按 20mm 递增。
④ 其他材料由供需双方协议。

2. 不淬硬钢和马氏体不锈钢内螺纹圆柱销（见表 8-108）

表 8-108　不淬硬钢和马氏体不锈钢（GB/T 120.1—2000）内螺纹圆柱销　　（mm）



①小平面或凹槽，由制造者确定。

标记方法按 GB/T 1237 规定。

标记示例

公称直径 $d=6$mm，公差为 m6、公称长度 $l=30$mm，材料为钢，不经淬火，不经表面处理的内螺纹圆柱销的标记：

销　GB/T 120.1—2000　6×30

公称直径 $d=6$mm，公差为 m6，公称长度 $l=30$mm，材料为 A1 组奥氏体不锈钢，表面简单处理的内螺纹圆柱销的标记：

销　GB/T 120.1—2000　6×30-A1

尺寸											
d		m6①	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
c_1		≈	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
c_2		≈	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6.3	8
d_1			M4	M5	M6	M6	M8	M10	M16	M20	M20	M24
P②			0.7	0.8	1	1	1.25	1.5	2	2.5	2.5	3
d_2			4.3	5.3	6.4	6.4	8.4	10.5	17	21	21	25
t_1			6	8	10	12	16	18	24	30	30	36
t_2		min	10	12	16	20	25	28	35	40	40	50
t_3			1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5
l③												
公称	min	max										
16	15.5	16.5										
18	17.5	18.5										
20	19.5	20.5										
22	21.5	22.5										
24	23.5	24.5										
26	25.5	26.5										
28	27.5	28.5										
30	29.5	30.5										
32	31.5	32.5										
35	34.5	35.5										
40	39.5	40.5		商品								
45	44.5	45.5										
50	49.5	50.5										
55	54.25	55.75										
60	59.25	60.75										
65	64.25	65.75										
70	69.25	70.75				长度						
75	74.25	75.75										

（续）

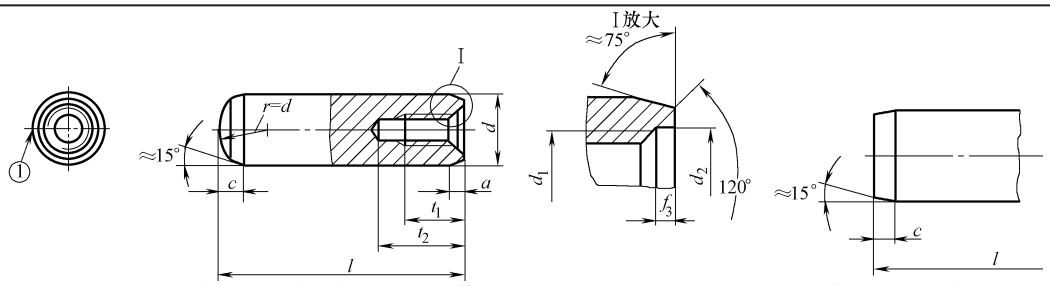
l③			
公称	min	max	
80	79.25	80.75	
85	84.25	85.75	
90	89.25	90.75	
95	94.25	95.75	范围
100	99.25	100.75	
120	119.25	120.75	
140	139.25	140.75	
160	159.25	160.75	
180	179.25	180.75	
200	199.25	200.75	

技术条件和引用标准		
螺纹	6H(GB/T 197)	
材料④	钢	奥氏体不锈钢
	硬度 125～245HV30	A1(GB/T 3098.6) 硬度 210～280HV30
表面粗糙度	$Ra \leqslant 0.8\mu m$	
表面缺陷	不允许有不规则的和有害的缺陷 销的任何部位不得有毛刺	
表面处理	不经处理 氧化 镀锌钝化按 GB/T 5267 磷化按 GB/T 11376	简单处理
	其他表面镀层或表面处理,应由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差	
验收及包装	GB/T 90	

① 其他公差由供需双方协议。
② P—螺距。
③ 公称长度大于 200mm，按 20mm 递增。
④ 其他材料由供需双方协议。

3. 不淬硬钢和奥氏体不锈钢内螺纹圆柱销（见表 8-109）

表 8-109　不淬硬钢和奥氏体不锈钢（摘自 GB/T 120.2—2000）内螺纹圆柱销



A 型:球面圆柱端,适用于普通淬火钢和马氏体不锈钢
① 小平面或凹槽,由制造者确定

B 型:平端,用于表面淬火钢
其余尺寸见 A 型

标记示例按 GB/T 1237 规定。

标记示例

公称直径 $d=6$mm,公差为 m6,公称长度 $L=30$mm,材料为钢,普通淬火(A 型),表面氧化处理的内螺纹圆柱销的标记:

销 GB/T 120.2—2000　6×30- A

公称直径 $d=6$mm,公差为 m6,公称长度 $L=30$mm,材料为 C1 组马氏体不锈钢,表面简单处理的内螺纹圆柱销的标记:

销 GB/T 120.2—2000　6×30- C1

（续）

尺寸											
d		m6①	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
a		≈	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
c			2.1	2.6	3	3.8	4.6	6	6	7	8	10
d_1			M4	M5	M6	M6	M8	M10	M16	M20	M20	M24
P②			0.7	0.8	1	1	1.25	1.5	2	2.5	2.5	3
d_2			4.3	5.3	6.4	6.4	8.4	10.5	17	21	21	25
t_1			6	8	10	12	16	18	24	30	30	36
t_2		min	10	12	16	20	25	28	35	40	40	50
t_3			1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5
l③												
公称	min	max										
16	15.5	16.5										
18	17.5	18.5										
20	19.5	20.5										
22	21.5	22.5										
24	23.5	24.5										
26	25.5	26.5										
28	27.5	28.5										
30	29.5	30.5	商品									
32	31.5	32.5										
35	34.5	35.5										
40	39.5	40.5										
45	44.5	45.5										
50	49.5	50.5										
55	54.25	55.75				长度						
60	59.25	60.75										
65	64.25	65.75										
70	69.25	70.75										
75	74.25	75.75										
80	79.25	80.75										
85	84.25	85.75							范围			
90	89.25	90.75										
95	94.25	95.75										
100	99.25	100.75										
120	119.25	120.75										
140	139.25	140.75										
160	159.25	160.75										
180	179.25	180.75										
200	199.25	200.75										

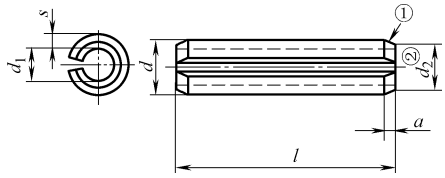
（续）

<table>
<tr><td colspan="5">技术条件和引用标准</td></tr>
<tr><td>螺纹</td><td colspan="4">6H(GB/T 197)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">材料④</td><td colspan="3">钢</td><td>马氏体不锈钢</td></tr>
<tr><td>A 型
普通淬火</td><td colspan="2">B 型
表面淬火</td><td>C1(GB/T 3098.6)</td></tr>
<tr><td colspan="3">化学成分(质量分数,%)</td><td rowspan="4">淬火并回火硬度:
460 ~ 560HV30</td></tr>
<tr><td></td><td>其他</td><td>或</td></tr>
<tr><td rowspan="2">C:0.95 ~ 1.1
Si:0.15 ~ 0.35
Mn:0.25 ~ 0.4
P:0.03max
S:0.025max
Cr:1.35 ~ 1.65
硬度:550 ~ 650HV30</td><td>C:0.06 ~ 0.13
Si:0.1 ~ 0.4
Mn:0.25 ~ 0.6
P:0.025max
S:0.05max</td><td>C:0.15max
Si:0.10max
Mn:0.9 ~ 1.3
P:0.07max
S:0.15 ~ 0.35
Pb:0.15 ~ 0.35</td></tr>
<tr><td colspan="2">由制造者确定
表面硬度:600 ~ 700HV1
渗碳层深度 0.25 ~ 0.4mm 的硬度:550HV1min</td></tr>
<tr><td>表面粗糙度</td><td colspan="4">$Ra \leqslant 0.8\mu m$</td></tr>
<tr><td>表面缺陷</td><td colspan="4">不允许有不规则的和有害的缺陷
销的任何部位不得有毛刺</td></tr>
<tr><td rowspan="2">表面处理</td><td colspan="3">不经处理
氧化
镀锌钝化按 GB/T 5267
磷化按 GB/T 11376</td><td>简单处理</td></tr>
<tr><td colspan="4">其他表面镀层或表面处理,应由供需双方协议
所有公差仅适用于涂、镀前的公差</td></tr>
<tr><td>验收及包装</td><td colspan="4">GB/T 90</td></tr>
</table>

① 其他公差由供需双方协议。
② P—螺距。
③ 公称长度大于 200mm，按 20mm 递增。
④ 其他材料由供需双方协议。

4. 直槽轻型弹性圆柱销（见表 8-110）

表 8-110　直槽轻型弹性圆柱销（摘自 GB/T 879.2—2000）　　（mm）



标记方法按 GB/T 1237—2000 的规定。

标记示例

公称直径 $d=6$mm,公称长度 $l=30$mm,材料为钢(St),热处理硬度 500 ~ 560HV30,表面氧化处理的直槽,轻型弹性圆柱销的标记:

销　GB/T 879.2—2000　6×30

（续）

d	公称		2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	8	10	12	13
	装配前	max	2.4	2.9	3.5	4.0	4.6	5.1	5.6	6.7	8.8	10.8	12.8	13.8
		min	2.3	2.8	3.3	3.8	4.4	4.9	5.4	6.4	8.5	10.5	12.5	13.5
d_1	装配前③		1.9	2.3	2.7	3.1	3.4	3.9	4.4	4.9	7	8.5	10.5	11
a		max	0.4	0.45	0.45	0.5	0.7	0.7	0.7	0.9	1.8	2.4	2.4	2.4
		min	0.2	0.25	0.25	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	1.5	2.0	2.0	2.0
s			0.2	0.25	0.3	0.35	0.5	0.5	0.5	0.75	0.75	1	1	1.2
最小剪切载荷双面剪④/kN			1.5	2.4	3.5	4.6	8	8.8	10.4	18	24	40	48	66
l⑤														
公称	min	max												
4	3.75	4.25												
5	4.75	5.25												
6	5.75	6.25												
8	7.75	8.25												
10	9.75	10.25												
12	11.5	12.5												
14	13.5	14.5												
16	15.5	16.5			商品									
18	17.5	18.5												
20	19.5	20.5												
22	21.5	22.5												
24	23.5	24.5												
26	25.5	26.5												
28	27.5	28.5						长度						
30	29.5	30.5												
32	31.5	32.5												
35	34.5	35.5												
40	39.5	40.5												
45	44.5	45.5												
50	49.5	50.5												
55	54.25	55.75												
60	59.25	60.75												
65	64.25	65.75										范围		
70	69.25	70.75												
75	74.25	75.75												
80	79.25	80.75												
85	84.25	85.75												
90	89.25	90.75												
95	94.25	95.75												
100	99.25	100.75												
120	119.25	120.75												
140	139.25	140.75												
160	159.25	160.75												
180	179.25	180.75												
200	199.25	200.75												

（续）

d	公称		14	16	18	20	21	25	28	30	35	40	45	50
	装配前	max	14.8	16.8	18.9	20.9	21.9	25.9	28.9	30.9	35.9	40.9	45.9	50.9
		min	14.5	16.5	18.5	20.5	21.5	25.5	28.5	30.5	35.5	40.5	45.5	50.5
d_1	装配前③		11.5	13.5	15	16.5	17.5	21.5	23.5	25.5	28.5	32.5	37.5	40.5
a		max	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	3.4	3.4	3.4	3.6	4.6	4.6	4.6
		min	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0
s			1.5	1.5	1.7	2	2	2	2.5	2.5	3.5	4	4	5
最小剪切载荷双面剪④/kN			84	98	126	58	168	202	280	302	490	634	720	1000
l⑤														
公称	min	max												
4	3.75	4.25												
5	4.75	5.25												
6	5.75	6.25												
8	7.75	8.25												
10	9.75	10.25												
12	11.5	12.5												
14	13.5	14.5												
16	15.5	16.5												
18	17.5	18.5												
20	19.5	20.5												
22	21.5	22.5												
24	23.5	24.5												
26	25.5	26.5												
28	27.5	28.5		商品										
30	29.5	30.5												
32	31.5	32.5												
35	34.5	35.5												
40	39.5	40.5												
45	44.5	45.5												
50	49.5	50.5						长度						
55	54.25	55.75												
60	59.25	60.75												
65	64.25	65.75												
70	69.25	70.75												
75	74.25	75.75												
80	79.25	80.75										范围		
85	84.25	85.75												
90	89.25	90.75												
95	94.25	95.75												
100	99.25	100.75												
120	119.25	120.75												
140	139.25	140.75												
160	159.25	160.75												
180	179.25	180.75												
200	199.25	200.75												

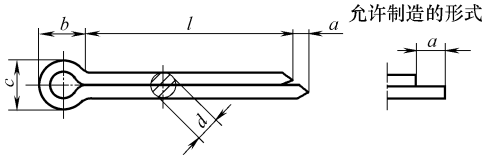
（续）

技术条件和引用标准				
材料⑥	钢		奥氏体不锈钢	马氏体不锈钢
	St(由制造者任选)		A	C
	化学成分(质量分数,%)			
	优质碳素钢	硅锰钢	C≤0.15 Mn≤2.00 Si≤1.50 Cr:16～20 Ni:6～12 P≤0.045 S≤0.03 Mo≤0.8 冷加工	C≥0.15 Mn≤1.00 Si≤1.00 Cr:11.5～14 Ni≤1.00 P≤0.04 S≤0.03 淬火并回火硬度为 440～560HV30
	C≥0.64 Mn≥0.60 淬火并回火,硬度为420～520HV30;或奥氏体回火硬度为500～560HV30	C≥0.5 Si≥1.5 Mn≥0.7 淬火并回火,硬度为420～560HV30		
直槽	槽的形状和宽度由制造者任选			
表面缺陷	不允许有不规则的和有害的缺陷 销的任何部位不得有毛刺			
剪切试验	GB/T 13683—1992			
表面处理	不经处理 氧化 磷化按 GB/T 11376—1997 镀锌钝化按 GB/T 5267.1—2002			简单处理
	其他表面镀层或表面处理,应由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差			
验收及包装	GB/T 90.1—2002、GB/T 90.2—2002			

①对于 $d \geq 10$mm 的弹性销，也可由制造者选用单面倒角的形式。
②$d_2 \leq d_{公称}$。
③ 参考。
④ 仅适用于钢和马氏体不锈钢产品，对奥氏体不锈钢弹性销，不规定双面剪切载荷值。
⑤ 公称长度大于 200mm 时按 20mm 递增。
⑥ 其他材料由供需双方协议。

5. 开口销（见表 8-111）

表 8-111　开口销（GB/T 91—2000）　（mm）



标记示例

公称规格为 5mm,公称长度 $l=50$mm,材料为 Q215 或 Q235,不经表面处理的开口销的标记:

销　GB/T 91—2000　5×50

尺寸										
公称规格①			0.6	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3.2
d		max	0.5	0.7	0.9	1.0	1.4	1.8	2.3	2.9
		min	0.4	0.6	0.8	0.9	1.3	1.7	2.1	2.7
a		max	1.6	1.6	1.6	2.50	2.50	2.50	2.50	3.2
		min	0.8	0.8	0.8	1.25	1.25	1.25	1.25	1.6
b		≈	2	2.4	3	3	3.2	4	5	6.4
c		max	1.0	1.4	1.8	2.0	2.8	3.6	4.6	5.8
		min	0.9	1.2	1.6	1.7	2.4	3.2	4.0	5.1
适用的直径②	螺栓	>	—	2.5	3.5	4.5	5.5	7	9	11
		≤	2.5	3.5	4.5	5.5	7	9	11	14
	U 形销	>	—	2	3	4	5	6	8	9
		≤	2	3	4	5	6	8	9	12

（续）

公称规格①			4	5	6.3	8	10	13	16	20
d		max	3.7	4.6	5.9	7.5	9.5	12.4	15.4	19.3
		min	3.5	4.4	5.7	7.3	9.3	12.1	15.1	19.0
a		max	4	4	4	4	6.30	6.30	6.30	6.30
		min	2	2	2	2	3.15	3.15	3.15	3.15
b		≈	8	10	12.6	16	20	26	32	40
c		max	7.4	9.2	11.8	15.0	19.0	24.8	30.8	38.5
		min	6.5	8.0	10.3	13.1	16.6	21.7	27.0	33.8
适用的直径②	螺栓	>	14	20	27	39	56	80	120	170
		≤	20	27	39	56	80	120	170	—
	U 形销	>	12	17	23	29	44	69	110	160
		≤	17	23	29	44	69	110	160	—

公称长度 l 和商品长度规格　　（mm）

长度 l			公　称　规　格															
公称	min	max	0.6	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8	10	13	16	20
4	3.5	4.5																
5	4.5	5.5																
6	5.5	6.5																
8	7.5	8.5																
10	9.5	10.5																
12	11	13																
14	13	15																
16	15	17																
18	17	19																
20	19	21																
22	21	23																
25	24	26																
28	27	29																
32	30.5	33.5																
36	34.5	37.5																
40	38.5	41.5																
45	43.5	46.6																
50	48.5	51.5																
56	54.5	57.5																
63	61.5	64.5																
71	69.5	72.5																
80	78.5	81.5																
90	88	92																
100	98	102																
112	110	114																
125	123	127																
140	138	142																
160	158	162																
180	178	182																
200	198	202																
224	222	226																
250	248	252																
280	278	282																

商品长度范围

（续）

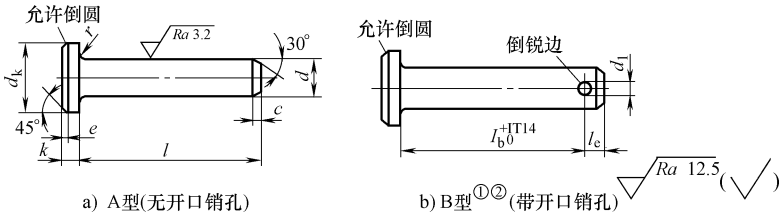
技术条件和引用标准		
材料	碳素钢：Q215、Q235（GB/T 700） 铜合金：H63（GB/T 5232） 不锈钢：1Cr17Ni7、0Cr18Ni9Ti（GB/T 1220） 其他材料由供需双方协议	
韧性	开口销的每一个脚应能经受反复一次的弯曲，而在弯曲部分不发生断裂或裂缝 弯曲方法：把开口销拉开，将其任意一直脚部分夹紧在检验模内（不应产生压扁），然后将开口销弯曲 90°，往返一次为一次弯曲。试验速度不应超过 60 次/min。检验模应制出半圆槽孔，其直径等于开口销的公称规格，钳口应有 $r=0.5$mm 的圆角	
工作质量	1）眼圈应尽可能制成圆形 2）开口销两脚的横截面应为圆形，但允许开口销两脚平面与圆周交接处有半径 $r=(0.05\sim0.1)d_{max}$ 的圆角 3）开口销两脚的间隙和两脚的错移量应不大于开口销公称规格与 d_{max} 之差值 4）开口销允许制成开口的（α——两脚内平面的夹角）；公称规格≤1.6mm，$\alpha\leqslant8°$；2～6.3mm，$\alpha\leqslant4°$；≥8mm，$\alpha\leqslant2°$	
表面缺陷	不允许有毛刺、不规则的和有害的缺陷	
表面处理	钢	铜、不锈钢
	不经处理 镀锌钝化按 GB/T 5267 磷化按 GB/T 11376	简单处理
	其他表面镀层或表面处理应由供需双方协议	
验收及包装	GB/T 90	

① 公称规格等于开口销孔的直径。对销孔直径推荐的公差为：
公称规格≤1.2：H13；
公称规格＞1.2：H14。
根据供需双方协议，允许采用公称规格为 3mm、6mm 和 12mm 的开口销。

② 用于铁道和在 U 形销中开口销承受交变横向力的场合，推荐使用的开口销规格应较本表规定的加大一档。

6. 销轴（见表 8-112）

表 8-112　销轴的规格（摘自 GB/T 882—2000）　　（mm）



a）A型（无开口销孔）　　b）B型①②（带开口销孔）

标记示例

公称直径 $d=20$mm，长度 $l=100$mm，由钢制造的硬度为 125～245HV，表面氧化处理的 B 型销轴的标记为：

销　GB/T 882　20×100

开口销孔为 6.3mm，其余要求与上述示例相同的销轴的标记为：

销　GB/T 882　20×100×6.3

孔距 $l_h=80$mm、开口销孔为 6.3mm，其余要求与上述示例相同的销轴的标记为：

销　GB/T 882　20×100×6.3×80

孔距 $l_h=80$mm，其余要求与上述示例相同的销轴的标记为：

销　GB/T 882—2000　20×100×80

（续）

d		h11③	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
d_k		h14	5	6	8	10	14	18	20	22	25	28
d_1		H13④	0.8	1	1.2	1.6	2	3.2	3.2	4	4	5
c		max	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
e		≈	0.5	0.5	1	1	1	1	1.6	1.6	1.6	1.6
k		js14	1	1	1.6	2	3	4	4	4	4.5	5
l_e		min	1.6	2.2	2.9	3.2	3.5	4.5	5.5	6	6	7
r			0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1
l⑤												
公称	min	max										
6	5.75	6.25										
8	7.75	8.25										
10	9.75	10.25										
12	11.5	12.5										
14	13.5	14.5										
16	15.5	16.5		商								
18	17.5	18.5										
20	19.5	20.5										
22	21.5	22.5										
24	23.5	24.5				品						
26	25.5	26.5										
28	27.5	28.5										
30	29.5	30.5										
32	31.5	32.5					长					
35	34.5	35.5										
40	39.5	40.5										
45	44.5	45.5										
50	49.5	50.5										
55	54.25	55.75						度				
60	59.25	60.75										
65	64.25	65.75										
70	69.25	70.75										
75	74.25	75.75							范			
80	79.25	80.75										
85	84.25	85.75										
90	89.25	90.75										
95	94.25	95.75										
100	99.25	100.75									围	
120	119.25	120.75										
140	139.25	140.75										
160	159.25	160.75										
180	179.25	180.75										
200	199.25	200.75										

（续）

d		h11③	20	22	24	27	30	33	36	40
d_k		h14	30	33	36	40	44	47	50	55
d_1		H13④	5	5	6.3	6.3	8	8	8	8
c		max	4	4	4	4	4	4	4	4
e		≈	2	2	2	2	2	2	2	2
k		js14	5	5.5	6	6	8	8	8	8
l_e		min	8	8	9	9	10	10	10	10
r			1	1	1	1	1	1	1	1
l⑤										
公称	min	max								
40	39.5	40.5								
45	44.5	45.5								
50	49.5	50.5								
55	54.25	55.75		商						
60	59.25	60.75								
65	64.25	65.75			品					
70	69.25	70.75								
75	74.25	75.75				长				
80	79.25	80.75								
85	84.25	85.75					度			
90	89.25	90.75								
95	94.25	95.75								
100	99.25	100.75						范		
120	119.25	120.75								
140	139.25	140.75								
160	159.25	160.75							围	
180	179.25	180.75								
200	199.25	200.75								

d		h11③	45	50	55	60	70	80	90	100
d_k		h14	60	66	72	78	90	100	110	120
d_1		H13④	10	10	10	10	13	13	13	13
c		max	4	4	6	6	6	6	6	6
e		≈	2	2	3	3	3	3	3	3
k		js14	9	9	11	12	13	13	13	13
l_e		min	12	12	14	14	16	16	16	16
r			1	1	1	1	1	1	1	1
l⑤										
公称	min	max								
90	89.25	90.75								
95	94.25	95.75	商							
100	99.25	100.75								
120	119.25	120.75		品						
140	139.25	140.75			长					
160	159.25	160.75				度				
180	179.25	180.75					范			
200	199.25	200.75						围		

（续）

技术条件和引用标准	
材料	钢：易切钢或冷镦钢；硬度：125 ~ 245HV 其他材料由供需双方协议
表面质量	零件质量应均匀一致，而不允许有不规则的或有害的缺陷 销的任何部位不得有毛刺
表面处理	氧化 磷化（按 GB/T 11376—1997） 镀锌铬酸盐转化膜（按 GB/T 5267. 1—2002） 其他表面镀层或表面处理应由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差
验收及包装	GB/T 90. 1—2002、GB/T 90. 2—2002

注：用于铁路和开口销承受交变横向力的场合，推荐采用本表规定的下一档较大的开口销及相应的孔径。

① 其余尺寸、角度和表面粗糙度值见 A 型。

② 某些情况下，不能按 $l-l_e$ 计算 l_h 的尺寸，所需要的尺寸应在标记中注明，但不允许 l_h 的尺寸小于本表规定的数值。

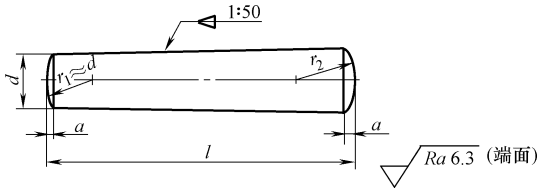
③ 其他公差，如 a11、c11、f8 应由供需双方协议。

④ 孔径 d_1 等于开口销的公称规格（见 GB/T 91—2000）。

⑤ 公称长度大于 200mm 时按 20mm 递增。

8. 3. 2. 2　圆锥销（见表 8-113 ~ 表 8-116）

表 8-113　圆锥销（GB/T 117—2000）　　（mm）



标记示例：

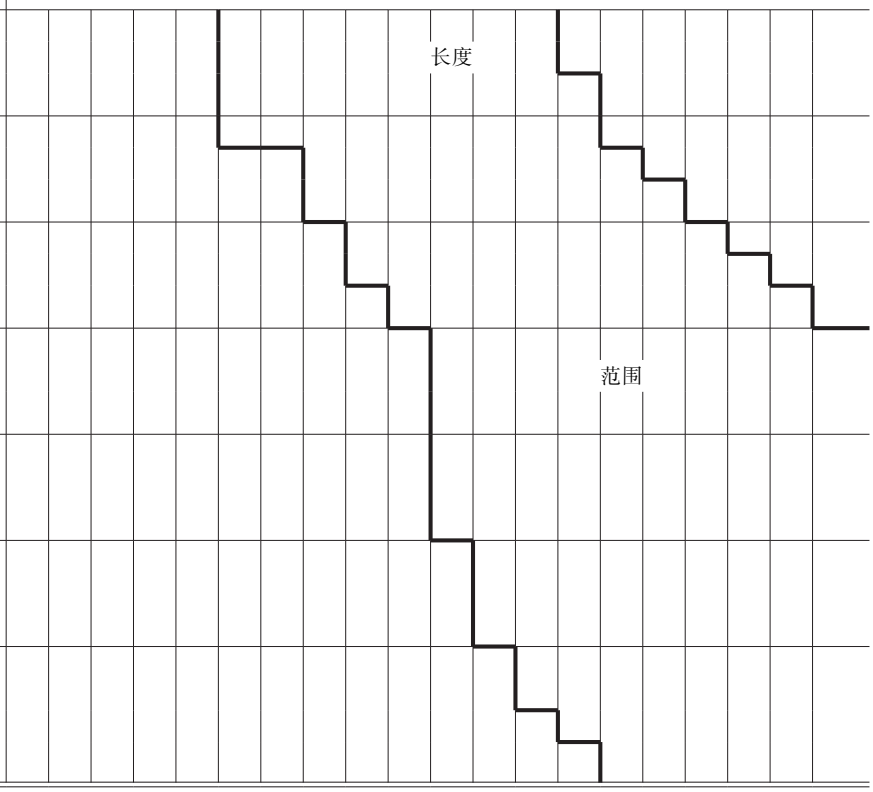
公称直径 $d=6$mm，公称长度 $l=30$mm，材料为 35 钢，热处理硬度为 28 ~ 38HRC，表面氧化处理的 A 型圆锥销的标记：

销 GB/T 117—2000　6 × 30

尺寸																					
d　h10①			0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
a　≈			0.08	0.1	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
l②																						
公称	min	max																				
2	1.75	2.25																				
3	2.75	3.25																				
4	3.75	4.25																				
5	4.75	5.25																				
6	5.75	6.25																				
8	7.75	8.25																				
10	9.75	10.25																				
12	11.5	12.5																				
14	13.5	14.5																				
16	15.5	16.5																				
18	17.5	18.5						商品														
20	19.5	20.5																				
22	21.5	22.5																				
24	23.5	24.5																				
26	25.5	26.5																				

（续）

l②		
公称	min	max
28	27.5	28.5
30	29.5	30.5
32	31.5	32.5
35	34.5	35.5
40	39.5	40.5
45	44.5	45.5
50	49.5	50.5
55	54.25	55.75
60	59.25	60.75
65	64.25	65.75
70	69.25	70.75
75	74.25	75.75
80	79.25	80.75
85	84.25	85.75
90	89.25	90.75
95	94.25	95.75
100	99.25	100.75
120	119.25	120.75
140	139.25	140.75
160	159.25	160.75
180	179.25	180.75
200	199.25	200.75



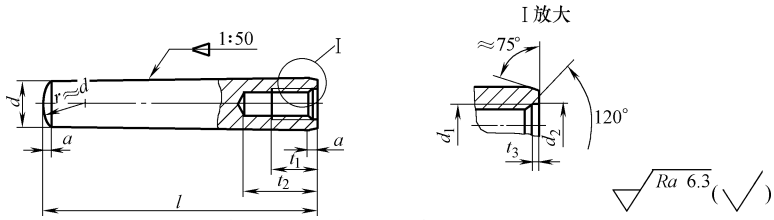
技术条件和引用标准

	钢	不锈钢
材料	易切钢：Y12、Y15（GB/T 8731） 碳素钢：35、45（GB/T 699） 35，28～38HRC（GB/T 699） 45，38～46HRC（GB/T 699） 合金钢：30CrMnSiA，35～41HRC（GB/T 3077）	1Cr13、2Cr13（GB/T 1220） Cr17Ni2（GB/T 1220） 0Cr18Ni9Ti（GB/T 1220）
锥度	锥度公差及检验方法按 GB/T 11334 由供需双方协议	
表面缺陷	不允许有不规则的和有害的缺陷 销的任何部位不得有毛刺	
表面处理	不经处理 氧化 磷化按 GB/T 11376 镀锌钝化按 GB/T 5267	简单处理
	其他表面镀层或表面处理应由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差	
验收及包装	GB/T 90	

① 其他公差，如 a11，c11 和 f8，由供需双方协议。

② 公称长度大于 200mm，按 20mm 递增。

表 8-114　内螺纹圆锥销（GB/T 118—2000）　　（mm）



A 型（磨削）：锥面表面粗糙度 $Ra=0.8\mu m$

B 型（切削或冷切）：锥面表面粗糙度 $Ra=3.2\mu m$

标记示例：

公称直径 $d=6mm$，公称长度 $l=30mm$，材料为 35 钢，热处理硬度 28～38HRC，表面氧化处理的 A 型内螺纹圆锥销的标记：

销 GB/T 118—2000　6×30

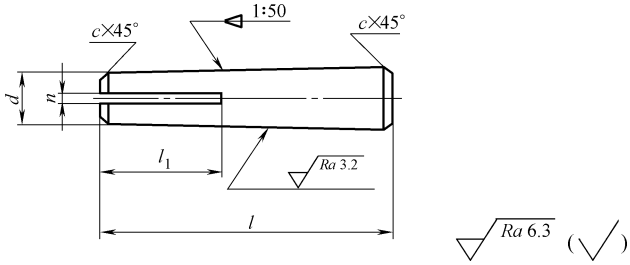
尺寸											
d　h10①		6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
a　≈		0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
d_1		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M20	M24
P②		0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	2.5	3
d_2		4.3	5.3	6.4	8.4	10.5	13	17	21	21	25
t_1		6	8	10	12	16	18	24	30	30	36
t_2　min		10	12	16	20	25	28	35	40	40	50
t_3		1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5
l③											
公称	min	max									
16	15.5	16.5									
18	17.5	18.5									
20	19.5	20.5									
22	21.5	22.5									
24	23.5	24.5									
26	25.5	26.5									
28	27.5	28.5									
30	29.5	30.5		商品							
32	31.5	32.5									
35	34.5	35.5									
40	39.5	40.5									
45	44.5	45.5									
50	49.5	50.5									
55	54.25	55.75				长度					
60	59.25	60.75									
65	64.25	65.75									
70	69.25	70.75									
75	74.25	75.75									
80	79.25	80.75									
85	84.25	85.75					范围				
90	89.25	90.75									
95	94.25	95.75									
100	99.25	100.75									
120	119.25	120.75									
140	139.25	140.75									
160	159.25	160.75									
180	179.25	180.75									
200	199.25	200.75									

（续）

技术条件和引用标准		
螺纹	6H(GB/T 197)	
材料	钢	不锈钢
	易切钢:Y12、Y15(GB/T 8731) 碳素钢:35、45(GB/T 699) 35,28～38HRC(GB/T 699) 45,38～41HRC(GB/T 699) 合金钢:30CrMnSiA,35～41HRC(GB/T 3077)	1Cr13、2Cr13(GB/T 1220) Cr17Ni2(GB/T 1220) 0Cr18Ni9Ti(GB/T 1220)
锥度	锥度公差及检验方法按 GB/T 11334 由供需双方协议	
表面缺陷	不允许有不规则的和有害的缺陷 销的任何部位不得有毛刺	
表面处理	不经处理 氧化 磷化按 GB/T 11376; 镀锌钝化按 GB/T 5267	简单处理
	其他表面镀层或表面处理应由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差	
验收及包装	GB/T 90	

① 其他公差，如 a11、c11 和 f8，由供需双方协议
② P—螺距。
③ 公称长度大于 200mm，按 20mm 递增。

表 8-115　开尾圆锥销（GB 877—1986）　　（mm）



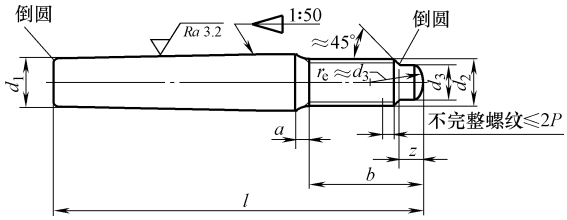
技术条件
按 GB 121—1986 规定。
标记示例
公称直径 $d=10$mm,长度 $l=60$mm,材料为 35 钢,不经热处理及表面处理的开尾圆锥销的标记示例:
销　GB 877—1986　10×60

d	公称		3	4	5	6	8	10	12	16
	min		2.96	3.952	4.952	5.952	7.942	9.942	11.93	15.93
	max		3	4	5	6	8	10	12	16
n	公称		0.8		1		1.6		2	
	min		0.86		1.06		1.66		2.06	
	max		1		1.2		1.91		2.31	
l_1			10		12	15	20	25	30	40
c ≈			0.5		1			1.5		
l										
公称	min	max								
30	29.58	30.42								
32	31.50	32.50								
35	34.50	35.50								
40	39.50	40.50								

（续）

l										
公称	min	max								
45	44.50	45.50		商						
50	49.50	50.50								
55	54.40	55.60			品					
60	59.40	60.60								
65	64.40	65.60				规				
70	69.40	70.60								
75	74.40	75.60					格			
80	79.40	80.60								
85	84.30	85.70						范		
90	89.30	90.70								
95	94.30	95.70							围	
100	99.30	100.70								
120	119.30	120.70								
140	139.20	140.80								
160	159.20	160.80								
180	179.20	180.80								
200	199.08	200.92								

表 8-116　螺尾圆锥销（GB/T 881—2000）　　（mm）



标记方法按 GB/T 1237 规定。

标记示例

公称直径 $d=6$mm；公称长度 $l=50$mm，材料为 Y12 或 Y15，不经热处理，不经表面处理的螺尾锥销的标记：

销 GB/T 881—2000　6×50

尺　寸												
d_1	h10①	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
a	max	2.4	3	4	4.5	5.3	6	6	7.5	9	10.5	12
b	max	15.6	20	24.5	27	30.5	39	39	45	52	65	78
	min	14	18	22	24	27	35	35	40	46	58	70
d_2		M5	M6	M8	M10	M12	M16	M16	M20	M24	M30	M36
P②		0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2	2.5	3	3.5	4
d_3	max	3.5	4	5.5	7	8.5	12	12	15	18	23	28
	min	3.25	3.7	5.2	6.6	8.1	11.5	11.5	14.5	17.5	22.5	27.5
z	max	1.5	1.75	2.25	2.75	3.25	4.3	4.3	5.3	6.3	7.5	9.4
	min	1.25	1.5	2	2.5	3	4	4	5	6	7	9

（续）

d_1		h10①	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
l③													
公称	min	max											
40	39.5	40.5											
45	44.5	45.5											
50	49.5	50.5											
55	54.25	55.75											
60	59.25	60.75											
65	64.25	65.75											
75	74.25	75.75											
85	84.25	85.75				商品							
100	99.25	100.75											
120	119.25	120.75											
140	139.25	140.75						长度					
160	159.25	160.75											
190	189.25	190.75											
220	219	221									范围		
250	249	251											
280	279	281											
320	319	321											
360	359	361											
400	399	401											

技术条件和引用标准

螺纹	6g(GB/T 197)	
材料	钢	不锈钢
	易切钢:Y12、Y15(GB/T 8731) 碳素钢:35、45(GB/T 699) 35,28～38HRC(GB/T 699) 45,38～41HRC(GB/T 699) 合金钢:30CrMnSiA,35～41HRC(GB/T 3077)	1Cr13、2Cr13(GB/T 1220) Cr17Ni2(GB/T 1220) 0Cr18Ni9Ti(GB/T 1220)
锥度	锥度公差及检验方法按 GB/T 11334 由供需双方协议	
表面缺陷	不允许有不规则的和有害的缺陷 销的任何部位不得有毛刺	
表面处理	不经处理 氧化 磷化按 GB/T 11376 镀锌钝化按 GB/T 5276	简单处理
	其他表面镀层或表面处理,应由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差	
验收及包装	GB/T 90	

① 其他公差由供需双方协议。

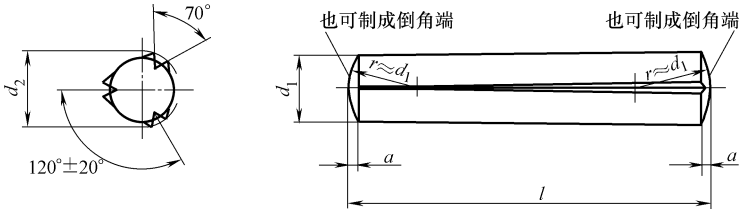
② P—螺距。

③ 公称长度大于 400mm，按 40mm 递增。

8.3.2.3　槽销

1. 全长锥槽槽销（见表 8-117）

表 8-117　全长锥槽槽销（GB/T 13829.5—2004）　　（mm）



标记示例

公称直径 $d=6$mm，公称长度 $l=50$mm，材料为碳钢，硬度为 125～245HV30，不经表面处理的全长锥槽的槽销的标记：

销　GB/T 13829.5—2004　6×50

公称直径 $d=6$mm，公称长度 $l=50$mm，材料为 A1 组奥氏体不锈钢，硬度为 210～280 HV30、表面简单处理的全长锥槽的槽销的标记：

销　GB/T 13829.5—2004　6×50-A1

尺寸															
d_1		公称	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
		公差	h9				h11								
a		≈	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3
最小剪切载荷/kN 双面剪①			1.6	2.84	4.4	6.4	11.3	17.6	25.4	45.2	70.4	101.8	181	283	444
l②			扩展直径 $d_2$③④												
公称	min	max	+0.05 0	±0.05								±0.1			
8	7.75	8.25	1.63	2.15	2.7	3.25	4.3	5.3	6.3	8.35	10.4	12.4	16.55	20.6	25.6
10	9.75	10.25				3.3									
12	11.5	12.5	1.6				4.35	5.35	6.35						
14	13.5	14.5													
16	15.5	16.5													
18	17.5	18.5			2.65	3.25				8.4					
20	19.5	20.5													
22	21.5	22.5					4.3	5.3			10.45	12.45	16.6		
24	23.5	24.5				3.2									
26	25.5	26.5													
28	27.5	28.5													
30	29.5	30.5													
32	31.5	32.5							6.3	8.35					
35	34.5	35.5													
40	39.5	40.5					4.25	5.25							
45	44.5	45.5									10.4	12.4			
50	49.5	50.5													
55	54.25	55.75											16.55		
60	59.25	60.75							6.25	8.3					
65	64.25	65.75									10.35	12.3			
70	69.25	70.75													
75	74.25	75.75													
80	79.25	80.75													
85	84.25	85.75													
90	89.25	90.75								8.25					
95	94.25	95.75											16.5		
100	99.25	100.75													
120	119.25	120.75									10.3				

（续）

技术条件和引用标准		
材料⑤	碳钢	奥氏体不锈钢
	硬度：125～245HV30	A1（GB/T 3098.6） 硬度：210～280HV30
槽	槽的形状由制造者任选	
表面处理	不经处理 氧化 镀锌钝化按 GB/T 5267.1 磷化按 GB/T 11376 其他表面镀层由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差	简单处理
表面缺陷	不允许有不规则或有害的缺陷	
剪切强度试验	GB/T 13683	
验收及包装	GB/T 90.1、GB/T 90.2	

注：槽销孔的直径应等于槽销的公称直径 d_1，其公差为 H11 级。

① 仅适用于表中给出的由碳钢制造的槽销。

② 阶梯实线间为商品长度规格范围。

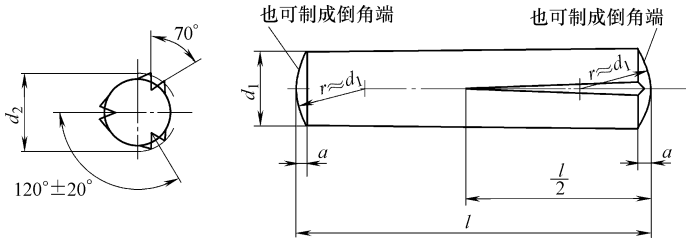
③ 扩展直径 d_2 仅适用于表中给出的由碳钢制造的槽销。对其他材料，如不锈钢，则应从给出的数值中减去一定的数量，并应经供需双方协议。

④ 对 d_2 应使用光滑通、止环规进行检验。

⑤ 其他材料由供需双方协议。

2. 槽销半长锥槽（见表 8-118）

表 8-118　槽销　半长锥槽（GB/T 13829.6—2004）　（mm）



标记示例

公称直径 $d=6$mm，公称长度 $l=50$mm，材料为碳钢，硬度为 125～245 HV30，不经表面处理的半长锥槽的槽销的标记：

销　GB/T 13829.6—2004　6×50

公称直径 $d=6$mm，公称长度 $l=50$mm，材料为 A1 组奥氏体不锈钢，硬度为 210～280 HV30，表面简单处理的半长锥槽的槽销的标记：

销　GB/ T 13829.6—2004　6×50—A1

尺　寸														
d_1	公称	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
	公差	h9				h11								
a　≈		0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3
最小剪切载荷/kN 双面剪①		1.6	2.84	4.4	6.4	11.3	17.6	25.4	45.2	70.4	101.8	181	283	444

（续）

l②			扩展直径 $d_2$③④												
公称	min	max	+0.05 0		±0.05							±0.1			
8	7.75	8.25	1.63	2.15	2.7	3.25	4.3	5.3	6.3	8.35	10.4	12.4			
10	9.75	10.25													
12	11.5	12.5				3.3									
14	13.5	14.5	1.6				4.35	5.35	6.35						
16	15.5	16.5													
18	17.5	18.5			2.65	3.25				8.4					
20	19.5	20.5											16.55		
22	21.5	22.5													
24	23.5	24.5				3.2	4.3	5.3			10.45	12.45			
26	25.5	26.5											16.6		
28	27.5	28.5													
30	29.5	30.5													
32	31.5	32.5							6.3	8.35					
35	34.5	35.5													
40	39.5	40.5													
45	44.5	45.5					4.25	5.25			10.4	12.4			
50	49.5	50.5													
55	54.25	55.75													
60	59.25	60.75							6.25	8.3	10.35		16.55	20.6	25.6
65	64.25	65.75													
70	69.25	70.75										12.3			
75	74.25	75.75													
80	79.25	80.75													
85	84.25	85.75													
90	89.25	90.75								8.25					
95	94.25	95.75											16.5		
100	99.25	100.75													
120	119.25	120.75									10.3				

技术条件和引用标准

材料⑤	碳钢	奥氏体不锈钢
	硬度：125～245HV30	A1（GB/T 3098.6） 硬度：210～280HV30
槽	槽的形状由制造者任选	
表面处理	不经处理 氧化 镀锌钝化按 GB/T 5267.1 磷化按 GB/T 11376 其他表面镀层由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差	简单处理
表面缺陷	不允许有不规则或有害的缺陷	
剪切强度试验	GB/T 13683	
验收及包装	GB/T 90.1、GB/T 90.2	

注：槽销孔的直径应等于槽销的公称直径 d_1，其公差为 H11 级。

① 仅适用于表中给出的由碳钢制造的槽销。

② 阶梯实线间为商品长度规格范围。

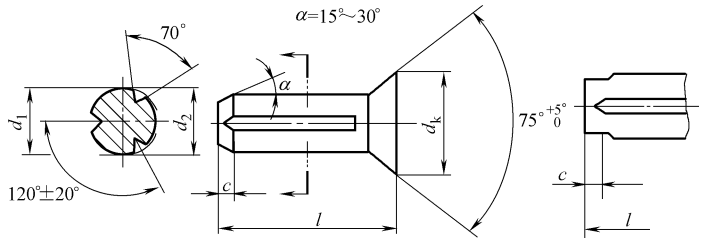
③ 扩展直径 d_2 仅适用于表中给出的由碳钢制造的槽销。对其他材料，如不锈钢，则应从给出的数值中减去一定的数量，并应经供需双方协议。

④ 对 d_2 应使用光滑通、止环规进行检验。

⑤ 其他材料由供需双方协议。

3. 沉头槽销（见表 8-119）

表 8-119　沉头槽销（GB/T 13829.9—2004）　　（mm）



A 型-倒角端槽销　　B 型-导杆端槽销

图中，B 型其他尺寸同 A 型。

70°槽角仅适用于由冷镦钢制造的槽销。槽角按材料的弹性进行修正。

标记示例

公称直径 $d=6$mm，公称长度 $l=30$mm，材料为冷镦钢，硬度为 125～245 HV30，不经表面处理的沉头槽销的标记：

销　GB/T 13829.9—2004　6×30

在特殊情况下，如需按标准的规定指定一种形式，则应在标记中注明：

销　GB/T 13829.9—2004　6×30-A

尺寸

d_1	公称	1.4	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
	max	1.40	1.60	2.00	2.500	3.000	4.0	5.0	6.0	8.00	10.00	12.0	16.0	20.0
	min	1.35	1.55	1.95	2.425	2.925	3.9	4.9	5.9	7.85	9.85	11.8	15.8	19.8
d_k	max	2.7	3.0	3.7	4.6	5.45	7.25	9.1	10.8	14.4	16.0	19.0	26.0	31.5
	min	2.3	2.6	3.3	4.2	4.95	6.75	8.5	10.2	13.6	14.9	17.7	23.7	30.7
c		0.42	0.48	0.6	0.75	0.9	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8	6

l①			扩展直径 $d_2$②③											
公称	min	max	+0.05 0		±0.05						±0.1			
3 4 5	2.8 3.7 4.7	3.2 4.3 5.3	1.5	1.7	2.15	2.7	3.2	4.25	5.25	6.3	8.3	10.35	12.35	16.4	20.5
6 8 10	5.7 7.7 9.7	6.3 8.3 10.3												
12 16 20	11.6 15.6 19.5	12.4 16.4 20.5												
25 30 35 40	24.5 29.5 34.5 39.5	25.5 30.5 35.5 40.5												

技术条件和引用标准

材料	冷镦钢　硬度：125～245HV30 其他材料由供需双方协议
槽	槽的形状由制造者任选
表面处理	不经处理 氧化 镀锌钝化按 GB/T 5267.1 磷化按 GB/T 11376 其他表面镀层由供需双方协议 所有公差仅适用于涂、镀前的公差
表面缺陷	不允许有不规则或有害的缺陷
验收及包装	GB/T 90.1、GB/T 90.2

注：槽销孔的直径应等于槽销的公称直径 d_1，其公差为 H11 级。

① 阶梯实线间为商品长度规格范围。

② 扩展直径 d_2 仅适用于由冷镦钢制造的槽销。对其他材料，如不锈钢，则应从给出的数值中减去一定的数量，并应经供需双方协议。

③ 对 d_2 应使用光滑通、止环规进行检验。

8.4　焊接

8.4.1　基本设计计算方法

8.4.1.1　焊接的类型与应用

1. 焊接常用材料

焊接的金属结构常用材料为 Q215、Q235、Q255；焊接的零件材料通常为 Q275、15～50 钢以及 50Mn、50Mn2、50SiMn2 等合金钢。在焊接中，广泛使用各种型材、板材及管材。

焊条的种类很多，常用的焊条型号为 E4301、E4303、E5001、E5003 等。型号中的前两位数字表示熔敷金属的最低抗拉强度。

2. 焊接的应用

焊接的应用非常广泛，可用于钢、铸钢、铜合金、铝合金等材料的焊接。尤其对于单件生产的零件，用焊接代替铸件，不仅重量轻、制造周期短，而且不需要木模和铸造设备，大大降低了成本。

8.4.1.2　常用焊接方法

常用焊接方法有电弧焊、电阻焊、高能束焊、钎焊及其他焊接方法（电渣焊、高频焊、气焊、气压焊、爆炸焊等），其中电弧焊应用得最广。

1. 电弧焊

电弧焊是利用电弧作为热源的熔焊方法。可分为焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护焊及等离子焊等。焊条电弧焊的最大优点是设备简单，应用灵活、方便，适用面广，可用于各种焊接位置和直缝、环缝及各种曲线焊缝。尤其适用于操作不便的场合和短小焊缝的焊接；埋弧焊具有生产率高、焊缝质量好、劳动条件好等特点；气体保护焊具有保护效果好、电弧稳定、热量集中等特点。

2. 电阻焊

电阻焊是利用电流通过工件及焊接接触面时所产生的电阻热，将焊件加热至塑性或局部熔化状态，再施加压力形成焊接接头的焊接方法。

电阻焊分为点焊、缝焊和对焊 3 种形式。

1）点焊：将焊件压紧在两个柱状电极之间，通电加热，使焊件在接触处熔化形成熔核，然后断电，并在压力下凝固结晶，形成组织致密的焊点。

点焊适用于焊接 4mm 以下的薄板（搭接）和钢筋，广泛用于汽车、飞机、电子、仪表和日常生活用品的生产。

2）缝焊：缝焊与点焊相似，所不同的是用旋转的盘状电极代替柱状电极。叠合的工件在圆盘间受压通电，并随圆盘的转动而送进，形成连续焊缝。

缝焊适宜于焊接厚度在 3mm 以下搭接的薄板，主要应用于生产密封性容器和管道等。

3）对焊：根据焊接工艺过程不同，对焊可分为电阻对焊和闪光对焊。

① 电阻对焊：焊接过程是先施加顶锻压力（10～15MPa），使工件接头紧密接触，通电加热至塑性状态，然后施加顶锻压力（30～50MPa），同时断电，使焊件接触处在压力下产生塑性变形而焊合。

电阻对焊操作简便，接头外形光滑，但对焊件端面加工和清理要求较高，否则会造成接触面加热不均匀，产生氧化物夹杂、焊不透等缺陷，影响焊接质量。因此，电阻对焊一般只用于焊接直径小于20mm、截面简单和受力不大的工件。

② 闪光对焊：焊接过程是先通电，再使两焊件轻微接触，由于焊件表面不平，使接触点通过的电流密度很大，金属迅速熔化、汽化、爆破，飞溅出火花，造成闪光现象。继续移动焊件，产生新的接触点，闪光现象不断发生，待两焊件端面全部熔化时，迅速加压，随即断电并继续加压，使焊件焊合。

闪光对焊的接头质量好，对接头表面的焊前清理要求不高。常用于焊接受力较大的重要工件。闪光对焊不仅能焊接同种金属，也能焊接铝钢、铝铜等异种金属，可以焊接ϕ0.01mm的金属丝，也可以焊接ϕ500mm的管子及截面为20000mm^{2}的板材。

3. 高能束焊

高能束焊包括激光焊和电子束焊。

（1）激光焊

利用聚焦的激光束照射工件所产生的热量进行焊接。激光焊具有如下特点：

1）激光束能量密度大，加热过程极短，焊点小，热影响区窄，焊接变形小，焊件尺寸精度高；

2）可以焊接普通方法难以焊接的材料，如焊接钨、钼、钽、锆等难熔金属；

3）可以在空气中焊接有色金属，而不需外加保护气体；

4）激光焊设备较复杂，成本高。

激光焊可以焊接低合金高强度钢、不锈钢及铜、镍、钛合金等；异种金属以及非金属材料（如陶瓷、有机玻璃等）；目前主要用于电子仪表、航空、航天、原子核反应堆等领域。

（2）电子束焊

电子束焊利用在真空中聚焦的高速电子束轰击焊接表面，使之瞬间熔化并形成焊接接头。

电子束焊具有以下特点：

1）能量密度大，电子穿透力强；

2）焊接速度快，热影响区小，焊接变形小；

3）真空保护好，焊缝质量高，特别适用于活泼金属的焊接。

电子束焊用于焊接低合金钢、有色金属、难熔金属、复合材料、异种材料等，薄板、厚板均可。特别适用于焊接厚件及要求变形很小的焊件、真空中使用器件、精密微型器件等。

4. 钎焊

钎焊是利用熔点比母材低的金属作为钎料，加热后，钎料熔化，焊件不熔化，利用液态钎料润湿母材，填充接头间隙并与母材相互扩散，将焊件牢固地连接在一起。

根据钎料熔点的不同，将钎焊分为软钎焊和硬钎焊。

1）软钎焊：软钎焊的钎料熔点低于450℃，接头强度较低（小于70MPa）。

2）硬钎焊：硬钎焊的钎料熔点高于450℃，接头强度较高（大于200MPa）。

钎焊接头的承载能力与接头连接面大小有关。因此，钎焊一般采用搭接接头和套件镶接，以弥补钎焊强度的不足。

5. 其他焊接方法简介

（1）电渣焊

电渣焊是以熔渣电阻热为热源的一类焊接方法，电渣焊更具有独特的特点，焊接过程是在立焊位置、在由两工件端面与两侧水冷铜滑块形成的装配间隙内进行。焊接时利用电流通过熔渣产生的电阻热将工件端部熔化。

根据焊接时所用的电极形状，电渣焊分为丝极电渣焊、板极电渣焊和熔嘴电渣焊。

电渣焊的优点：可焊的工件厚度大（可大于 1000mm），生产率高。主要用于在断面对接接头及丁字接头的焊接。

电渣焊可用于各种钢结构的焊接，也可用于铸件的组焊。电渣焊接头由于加热及冷却均较慢，热影响区宽、纤维组织粗大、韧性差，因此焊接后一般需进行正火处理。

（2）气焊

气焊是用气体火焰为热源的一种焊接方法，应用最多的是以乙炔气作为燃料的氧乙炔火焰。设备简单，操作方便，但气焊加热速度及生产率较低，热影响区较大，且容易引起较大的变形。

气焊可用于很多钢铁材料、非铁金属及合金的焊接。一般适用于维修及单件薄板焊接。

（3）气压焊

气压焊和气焊一样，气压焊也是以气体火焰为热源。焊接时将两接触的工件的端部加热到一定温度后再施加足够的压力以获得牢固的接头，是一种固相焊接。

气压焊时不加填充金属，常用于铁轨焊接和钢筋焊接。

（4）爆炸焊

爆炸焊也是以化学反应热为能源的另一种固相焊接方法，但它是利用炸药爆炸所产生的能量来实现金属连接的。在爆炸波作用下，两件金属在不到 1s 的时间内即可因加速撞击而结合。

在各焊接方法中，爆炸焊可以焊接的异种金属的组合范围广，可以用爆炸焊将冶金上不相容的两种金属焊接成为各种过渡接头。爆炸焊多用于表面积相当大的平板包覆，是制造复合板的高效方法。

6. 常用焊接方法的选择

焊接方法的选择应根据材料的焊接性、焊件的厚度、生产批量、产品质量要求、各种焊接方法的适用范围以及现场设备因素等因素综合考虑。常用焊接方法的选择可参考表 8-120。

8.4.1.3　焊缝的受力及焊接件设计要点

1. 焊缝的受力及破坏形式

焊接时形成的接缝叫作焊缝。焊缝分为：正接角焊缝，搭接角焊缝，对接焊缝，卷边焊缝，塞焊缝。

对接焊缝主要用来承受作用于被焊件所在平面内的拉（压）力或弯矩，其正常的破坏形式是沿焊缝断裂。

正焊缝通常只用来承受拉力，侧焊缝及混合焊缝可用来承受拉力或弯矩。它的正常破坏形式均认为是由于剪切而破坏的。

2. 焊接件设计要点

1）恰当地选择母体材料及焊条。

2）根据被焊接件的厚度选择接头及坡口的形式。

3）合理布置焊缝及焊缝长度。

4）正确安排焊接工艺。

5）对特别重要的焊缝，必须按照行业规范校核，焊接后进行质量检查。

3. 焊接的结构工艺

1）应根据被焊接件的厚度制成不同的坡口，目的是避免未焊透或缺焊。

2）焊缝的长度应按实际结构的情况尽可能取得短些或分段进行焊接，目的是减少冷却收缩产生的残余应力，并应避免焊缝交叉。

3）焊接工艺上应采取措施，使构件在冷却时能有微小自由移动的可能。焊后应经热处理（如退火），以消除残余应力。

4）在焊接厚度不同的对接板件时，应将较厚的板件沿对接部位平滑辗薄，使对接焊缝不易凸起，以利焊缝金属匀称熔化和承载时的应力得以平滑过渡。

8.4.1.4　焊接设计计算实例

实例 1　如图 8-21 所示的焊接接头，被焊件材料均为 Q235 钢，两块钢板的宽度分别为：$b=170\text{mm}$，$b_1=80\text{mm}$，板厚 $\sum\delta=12\text{mm}$，承受静载荷 $F=0.4\text{MN}$，设计并计算：

（1）选择焊接方法；

（2）选择焊条牌号；

（3）校核该接头的强度；

（4）如承受变载荷 $F_{\max}=0.4\text{MN}$，$F_{\min}=0.2\text{MN}$，接头强度能否满足要求？

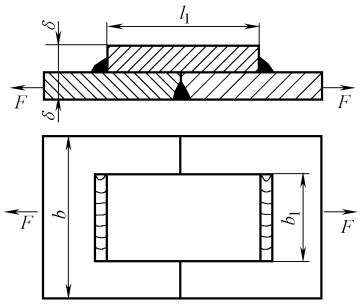


图 8-21　实例 1

解：

（1）确定焊接方法

因为被焊材料为 Q235，焊缝没有特殊要求，因此选择焊条电弧焊。

（2）选择焊条型号

焊条一般选择碳钢焊条，考虑无特殊要求，查碳钢焊条（GB/T5117—2012），选择 E43 系列氧化铁型焊条。此处采用钛钙型 E4303 焊条。

（3）校核该接头的强度

从表 8-122 焊缝静载许用应力查得焊缝的许用应力：$[\tau]=140\text{MPa}$，$[\sigma']=180\text{MPa}$。

对接焊缝所能承受的载荷分别为

$$F_1\leqslant b\delta[\sigma']=170\times12\times180\text{N}=367.2\text{kN}$$

$$F_2\leqslant2\times0.7\times b_1\delta[\tau']=2\times0.7\times80\times12\times140\text{N}=188.16\text{kN}$$

焊缝所能承受的总载荷为：$F_\Sigma=F_1+F_2=(367.2+188.16)\text{kN}=555.36\text{kN}$

由于焊缝所受到的工作载荷为：$F=400\text{kN}$，所以满足强度条件。

（4）因为承受变载荷，因此焊缝的许用应力应考虑降低系数 γ：

对于对接焊缝：$\gamma=\dfrac{1}{a-b\dfrac{F_{\min}}{F_{\max}}}=\dfrac{1}{1-0.5\times\dfrac{0.2}{0.4}}=1.33$

因此图中的对接焊缝的许用应力为：$[\sigma'] = 180 \div 1.33\text{MPa} = 135\text{MPa}$

对接焊缝所能承受的载荷分别为：

$$F_1 \leqslant b\delta[\sigma'] = 170 \times 12 \times 135\text{N} = 275.4\text{kN}$$

查表 8-121，取 $a = 1.5$，$b = 1$。对于搭接焊缝：$\gamma = \dfrac{1}{a - b\dfrac{F_{\min}}{F_{\max}}} = \dfrac{1}{1.5 - 1 \times \dfrac{0.2}{0.4}} = 1$

所以仍有 $F_2 \leqslant 188.16\text{kN}$

焊缝所能承受的总载荷为：$F_\Sigma = F_1 + F_2 = (275.4 + 188.16)\text{kN} = 463.56\text{kN}$

由于焊缝所受到的工作载荷为：$F = 400\text{kN}$，所以满足强度条件。

实例 2　图 8-22 所示为不对称侧面角焊缝，已知被焊件材料为 Q235 钢，角钢尺寸为 100mm × 100mm × 10mm，截面形心 c 到一边外侧的距离 $a = 28.4\text{mm}$，静载荷 $F = 0.35\text{MN}$。

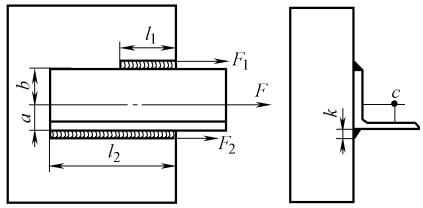


图 8-22　实例 2

（1）试设计该不对称侧面角焊缝；

（2）如果改为 80mm × 80mm × 8mm 的角钢和钢板构成侧焊缝，角钢的剖面积为：$A = 1230.3\text{mm}$，角钢抗拉许用应力 $[\sigma] = 200\text{MPa}$，查得角钢的数据如下：$e_1 = 22.7\text{mm}$，试由等强度条件确定两个焊缝的长度。

解：

（1）因为被焊材料为 Q235，焊缝没有特殊要求，因此选择手工焊接。

焊条一般选择碳钢焊条，考虑无特殊要求，查 GB/T5117—2012，选择 E43 系列氧化铁型焊条。本题采用钛钙型 E4303 焊条。

焊缝腰长 $k = \delta = 10\text{mm}$，从表 8-122 焊缝静载应力查得：焊缝的许用切应力：$[\tau] = 140\text{MPa}$，$[\sigma'] = 180\text{MPa}$

1）求两侧焊缝承受的载荷

$$F_1 = F\frac{a}{a+b} = \frac{0.35 \times 10^6 \times 28.4}{100}\text{N} = 99.4\text{kN}$$

$$F_2 = F\frac{b}{a+b} = \frac{0.35 \times 10^6 \times (100 - 28.4)}{100}\text{N} = 250.6\text{kN}$$

2）求两侧焊缝长度：

已知 $k = 10\text{mm}$，则：

$$l_1 = \frac{F_1}{0.7k[\tau']} = \frac{99.4 \times 10^3}{0.7 \times 10 \times 140}\text{mm} \approx 102\text{mm}, l_2 = \frac{F_2}{0.7k[\tau']} = \frac{250.6 \times 10^3}{0.7 \times 10 \times 140}\text{mm} \approx 256\text{mm}$$

（2）按抗拉强度条件求角钢允许的承载力：

$$F \leqslant A[\sigma] = 1230.3 \times 200\text{N} = 246\text{kN}$$

求侧焊缝长度：$l \geqslant \dfrac{F}{0.7k\ [\tau']} = \dfrac{246 \times 10^3}{0.7 \times 8 \times 140}\text{mm} = 313.8\text{mm}$

式中取腰高 $k = 8\text{mm}$。

因为 $e_1 = 22.7\text{mm}$，$e_2 = 80\text{mm} - e_1 = (80—22.7)\text{mm} = 57.3\text{mm}$

所以$\frac{l_1}{l_2}=\frac{e_1}{e_2}=\frac{57.3}{22.7}=2.524$，而 $l_1+l_2=l=313.8\text{mm}$

联立此两式，可解得：$l_1=224.8\text{mm}$，$l_2=89.05\text{mm}$，圆整后取：

$l_1=225\text{mm}$，$l_2=90\text{mm}$。

实例 3　如图 8-23 所示：被焊接板的材料为 Q255，搭接焊缝尺寸如图，腰高 $k=8\text{mm}$，若受到静拉力 $F=130\text{kN}$，试问：

（1）焊缝强度是否足够？

（2）若 F 改为变载荷，循环特性 $r=0.5$，其他条件不变，分析焊缝强度是否足够？

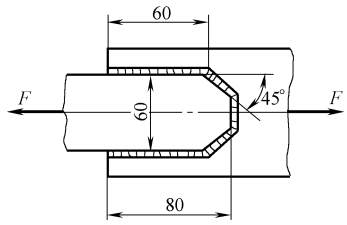


图 8-23　实例 3

解：

（1）从图 8-23 可知：焊缝总长 $l=[2\times60+20+2\times(80-60)/\cos45°]\text{mm}=196.6\text{mm}$

因为被焊材料为 Q255，焊缝没有特殊要求，焊条选择碳钢焊条，查 GB/T 5117—2012，选择 E43 系列氧化铁型焊条。

焊缝腰高 $k=\delta=8\text{mm}$，从表 8-122 焊缝静载许用应力查得焊缝的许用切应力：$[\tau]=140\text{MPa}$。

焊缝所受的切应力为：$\tau=\frac{F}{0.7kl}=\frac{130\times10^3}{0.7\times8\times196.6}\text{MPa}=118\text{MPa}<[\tau]:=140\text{MPa}$

因此焊缝强度足够。

（2）F 改为变载荷时，焊缝许用应力降低系数为：

$$\gamma=\frac{1}{a-b\frac{F_{\min}}{F_{\max}}}=\frac{1}{2-1.2\times0.5}=0.714$$

式中 a、b 的值可按表 8-121 选取。因为题目已给循环特性 $r=0.5$，也就是$\frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}=0.5$。

因此焊缝的许用应力为：$[\tau]_V=\gamma[\tau]=0.714\times140\text{MPa}=100\text{MPa}$

由（1）计算结果可知：$\tau=118\text{MPa}>[\tau']_V=100\text{MPa}$，故焊缝强度不足。

实例 4　图 8-24 所示为搭接焊缝，$b=100\text{mm}$，$h=150\text{mm}$，腰高 $k=8\text{mm}$，被焊材料为 Q215，焊缝没有特殊要求。若所受的外力为 $F=40\text{kN}$，离焊缝形心距离为 $l=200\text{mm}$，请完成下面工作：

（1）选择焊接方法；

（2）选择焊条型号；

（3）校核焊缝强度。

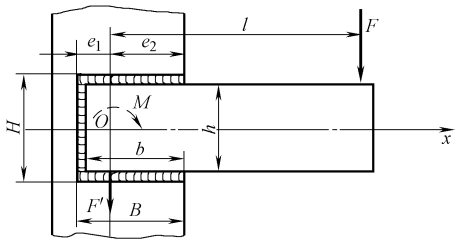


图 8-24　实例 4

解：

（1）选择焊接方法

因为被焊材料为 Q215，焊缝没有特殊要求，因此选择手工焊接。

（2）选择焊条型号

焊条一般选择碳钢焊条，考虑无特殊要求，查碳钢焊条（GB/T 5117—2012），选择 E43 系列氧化铁型焊条。因为是平焊，因此可采用 E4322 焊条。

（3）校核焊缝强度

本题应首先将外力 F 向焊缝形心 O 平移为力 F' 和转矩 M，再分别求出由 F' 造成焊缝的 y 向应力和由 M 造成焊缝的 x 向应力，然后合成，再验算强度。

1）计算焊缝形心 O 处所受的载荷

$$M = Fl = 4 \times 10^4 \times 200\text{N} \cdot \text{mm} = 8 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$F' = F = 4 \times 10^4 \text{N}$$

2）计算焊缝尺寸

计算剖面高：$a = 0.7k\text{mm} = 0.7 \times 8\text{mm} = 5.6\text{mm}$

外廓尺寸：$B = b + a = (100 + 5.6\text{mm}) = 105.6\text{mm}$

$$H = h + 2a = (150 + 2 \times 5.6\text{mm}) = 161.2\text{mm}$$

3）计算 F' 造成的焊缝应力

$$\tau_F = \frac{F'}{a(2b+h)} = \frac{4 \times 10^4}{5.6 \times (2 \times 100 + 150)}\text{MPa} = 20.41\text{MPa}$$

4）计算 M 造成的焊缝应力 τ_M

有两种求法：

① 按弯曲应力极限状态计算

假设沿焊缝的应力相等，M 由一对水平焊缝的力偶和一条垂直焊缝的力矩平衡，即：

$$M = \tau_M aB(h+a) + \tau_M ah^2/6$$

因此

$$\tau_M = \frac{M}{aB(h+a) + ah^2/6} = \frac{8 \times 10^6}{5.6 \times 105.6 \times (150 + 5.6) + \dfrac{5.6 \times 150^2}{6}}\text{MPa}$$

$$= 70.79\text{MPa}$$

② 按弯曲应力弹性状态计算

假设焊缝应力大小与离中性轴 x 的距离成正比，最大应力发生在 $y_{\max}$ 处，其最大应力为：

$$\tau_M = \frac{My_{\max}}{I_x} = \frac{MH/2}{(BH^3 - bh^3)/12} = \frac{8 \times 10^6 \times 161.2/2}{(105.6 \times 161.2^3 - 100 \times 150^3)/12}\text{MPa}$$

$$= 91.9\text{MPa}$$

讨论：此两法由于假设不同，焊缝应力值略有差别。方法①认为各处应力相等，故应力值较小，现取 $\tau_M = 91.9\text{MPa}$。

5）计算焊缝合成应力

查表 8-122 焊缝的静载许用应力，因被焊材料为 Q215，因此焊缝许用应力为 $[\tau'] = 140\text{MPa}$。

$$\tau = \sqrt{\tau_M^2 + \tau_F^2} = \sqrt{91.9^2 + 20.41^2}\text{MPa} = 94.14\text{MPa} < [\tau'] = 140\text{MPa}$$

因此强度合格。

8.4.1.5　焊接的结构设计

设计焊接件时，不仅要考虑到焊件的使用性能，还要考虑焊件结构的工艺性能，使焊件

生产简便、质量优良、成本低廉。结构设计主要指焊件结构工艺性，包括结构材料的选择、接头形式、焊缝布置等方面。

1. 合理选材、减少焊缝

在满足焊接件使用性能的前提下，应尽量选用焊接性能良好的材料。低碳钢和普通低合金钢的焊接性能良好，价格低廉，焊接工艺简单，易于保证焊接质量，应优先选用，而 $w(C)$ 大于 0.5% 的碳钢和碳当量大于 0.6% 的合金钢焊接性能不好，应尽量避免使用。

在选择两种不同材料进行焊接时，应注意其焊接性的差异。

在设计焊接结构时，应尽量采用工字钢、槽钢和钢管等成型材料，对形状比较复杂的部分可采用铸钢、锻钢和冲压件进行焊接。这样可以减少焊缝数量，简化焊接工艺及增加结构件的强度和刚度，如图 8-25 所示。

2. 尽量选用等厚度的材料进行焊接

尽量选用等厚度的材料进行焊接，这样可避免应力集中以及接头两边受热不均而产生焊不透等缺陷。如采用厚度不等的材料进行焊接时，应在较厚的板材上加工出过渡形式，如图 8-26 所示。

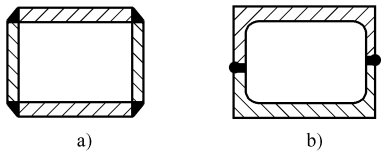


图 8-25　减少焊缝数量实例

a）用四块钢板焊成　b）用两根槽钢焊成

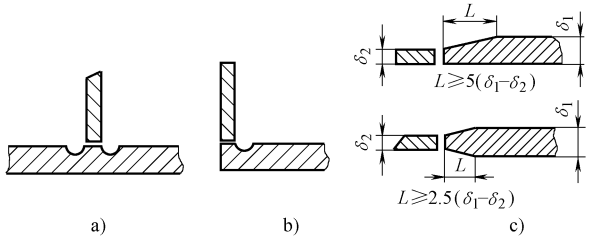


图 8-26　不等厚板的过渡接头

a）丁字接　b）角接　c）对接

3. 合理选择焊接接头形式

（1）常见接头形式

接头的基本形式有对接接头、搭接接头、角接头和 T 形接头。接头形式的选择主要根据结构形状、使用要求和焊接工艺等确定。

（2）接头形式的选择

对接接头应力分布均匀、接头质量容易保证，且节省材料，应用最广泛，但焊前准备和装配要求较高。

搭接接头不需开坡口，装配要求不高，一般用于受力不大的结构，受力时产生附加弯矩，金属消耗量较大，应尽量避免使用。

T 形接头仅用于接头构成直角或一定角度连接时。

4. 坡口结构形式

当焊接厚度较大时，为了保证焊透，接头处应根据工件厚度加工出各种坡口，常见坡口形式有 I 形、V 形、X 形、U 形和 K 形。对接接头坡口形式如图 8-27 所示；角接接头坡口形式如图 8-28 所示。

5. 合理布置焊缝

1）焊缝的位置应便于操作，如图 8-29 所示。

2）焊缝应避开最大应力和应力集中的部位，如图 8-30 所示。

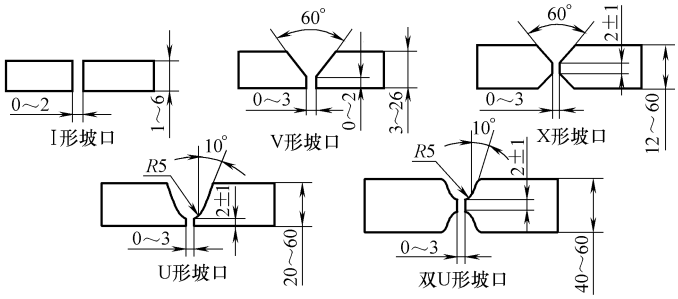


图 8-27　常见对接接头坡口形式

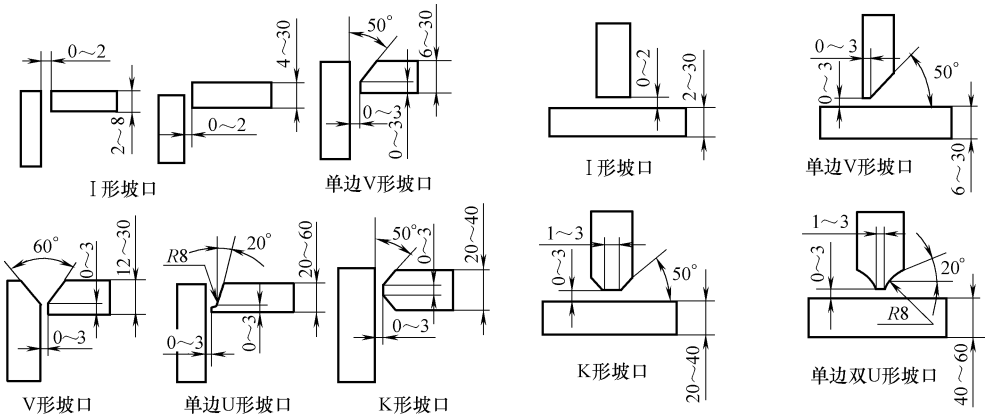


图 8-28　常见角接接头坡口形式

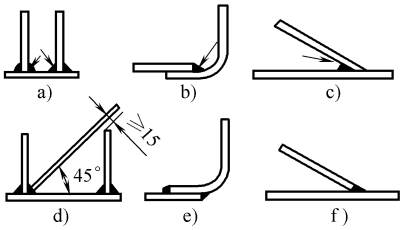


图 8-29　焊缝的位置与操作空间的关系

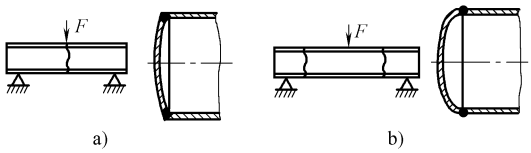


图 8-30　焊缝应避开最大应力和应力集中的部位

a）不合理　b）合理

3）焊缝布置应尽量分散，如图 8-31a 所示。因为焊缝交叉和密集会使接头部位严重过热，机械性能下降，产生变形和裂纹。焊缝应尽量对称布置。

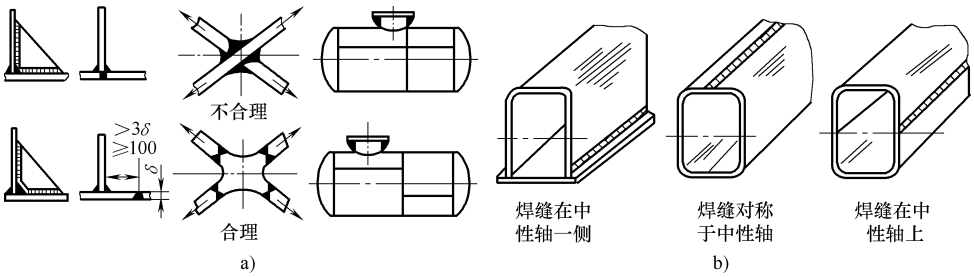


图 8-31　焊缝布置

a）焊缝布置应尽量分散　b）焊缝布置应尽量对称

8.4.2　设计标准及规范

8.4.2.1　不同材料焊接方法的优先选择（见表 8-120）

表 8-120　不同材料焊接方法的优先选择

材料	厚度/mm	焊接方法																									
				气体保护金属极电弧焊																	硬钎焊						
		焊条电弧焊	埋弧焊	射流过渡	潜弧	脉冲弧	短路电弧	药芯焊丝电弧焊	气体保护钨极电弧焊	等离子弧焊	电渣焊	气电焊	电阻焊	闪光焊	气焊	扩散焊	摩擦焊	电子束焊	激光焊	火焰钎焊	炉中钎焊	感应加热钎焊	电阻加热钎焊	浸渍钎焊	红外线钎焊	扩散钎焊	软钎焊
碳钢	~3	▲	▲			▲	▲		▲				▲	▲	▲			▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	3~6	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	6~19	▲	▲	▲	▲	▲		▲					▲	▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲					▲
	19 以上	▲	▲	▲	▲	▲		▲			▲	▲		▲	▲		▲	▲			▲					▲	
低合金钢	~3	▲	▲			▲	▲		▲				▲	▲	▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	3~6	▲	▲	▲		▲	▲	▲	▲				▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲
	6~19	▲	▲	▲		▲		▲						▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	
	19 以上	▲	▲	▲		▲		▲			▲			▲		▲	▲	▲			▲					▲	
不锈钢	~3	▲	▲			▲	▲			▲			▲	▲	▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	3~6	▲	▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲			▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲
	6~19	▲	▲	▲		▲		▲	▲	▲				▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲
	19 以上	▲	▲	▲		▲		▲			▲					▲	▲	▲			▲					▲	
铸铁	3~6	▲													▲					▲	▲	▲				▲	▲
	6~19	▲	▲	▲				▲							▲					▲	▲	▲				▲	▲
	19 以上	▲	▲	▲				▲							▲						▲					▲	
镍及其合金	~3	▲				▲	▲		▲	▲			▲	▲	▲			▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	3~6	▲	▲	▲		▲	▲		▲	▲			▲	▲			▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲
	6~19	▲	▲	▲		▲				▲				▲			▲	▲	▲	▲	▲					▲	
	19 以上	▲		▲		▲					▲			▲			▲	▲			▲					▲	
铝及其合金	~3			▲		▲			▲	▲			▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	3~6			▲		▲			▲				▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲			▲		▲	▲
	6~19			▲					▲					▲			▲	▲		▲	▲			▲		▲	
	19 以上			▲							▲	▲		▲				▲			▲					▲	
钛及其合金	~3					▲			▲	▲			▲	▲		▲		▲	▲		▲	▲			▲	▲	
	3~6			▲		▲			▲	▲				▲		▲	▲	▲	▲		▲					▲	
	6~19			▲		▲			▲	▲				▲		▲	▲	▲	▲		▲					▲	
	19 以上			▲		▲								▲		▲		▲			▲					▲	
铜及其合金	~3					▲			▲	▲				▲				▲		▲	▲	▲	▲			▲	▲
	3~6			▲		▲				▲				▲				▲		▲	▲		▲			▲	▲
	6~19			▲										▲			▲	▲		▲	▲					▲	
	19 以上																										
镁及其合金	~3					▲			▲									▲	▲	▲	▲					▲	
	3~6			▲		▲			▲					▲			▲	▲	▲	▲	▲					▲	
	6~19			▲		▲								▲			▲	▲	▲		▲					▲	
	19 以上			▲		▲								▲				▲									
难熔合金	~3					▲			▲	▲				▲				▲		▲	▲	▲	▲		▲	▲	
	3~6			▲		▲				▲				▲				▲		▲	▲					▲	
	6~19													▲													
	19 以上																										

注：表中▲为优先选择的方法。

8.4.2.2　设计系数 *a*、*b* 值（见表 8-121）

表 8-121　系数 *a*、*b* 的数值

焊缝形式	低碳钢		低合金钢	
	a	*b*	*a*	*b*
被焊件无应力集中时	1.00	0.50	1.30	0.70
表面加工的对接焊缝	1.10	0.60	1.45	0.85
有背焊的对接焊缝	1.30	0.80	1.75	1.15
腰长比为 1∶1.5 的正面角焊缝	1.50	1.00	2.00	1.40
侧面角焊缝	2.00	1.20	2.70	2.10

8.4.2.3　焊缝的静载许用应力（见表 1-122）

表 8-122　焊缝的静载许用应力

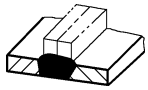
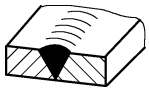
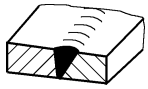
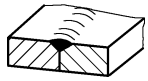
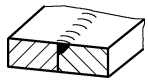
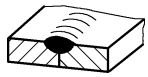
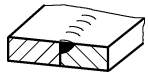
许用应力类别	用 E4303 焊条手工焊接或溶剂层下自动焊接下列被焊接材料时，焊缝的静载许用应力/MPa	
	Q215	Q235、Q255
许用压应力[σ_c']	200	210
许用拉应力(用精确方法检查焊缝质量)[σ']	200	210
许用拉应力(用普通方法检查焊缝质量)[σ']	180	180
许用切应力[τ]	140	140

注：对于单边焊接的角钢，各许用应力降低 25%。

8.4.2.4　焊缝符号表示法（摘自 GB/T 324—2008）

焊缝符号表示法见表 8-123～表 8-130。

表 8-123　基本符号

序号	名　称	示　意　图	符　号
1	卷边焊缝(卷边完全熔化)		
2	I 形焊缝		
3	V 形焊缝		
4	单边 V 形焊缝		
5	带钝边 V 形焊缝		
6	带钝边单边 V 形焊缝		
7	带钝边 U 形焊缝		
8	带钝边 J 形焊缝		

（续）

序号	名　　称	示　意　图	符　　号
9	封底焊缝		
10	角焊缝		
11	塞焊缝或槽焊缝		
12	点焊缝		
13	缝焊缝		
14	陡边 V 形焊缝		
15	陡边单 V 形焊缝		
16	端焊缝		
17	堆焊缝		
18	平面连接(钎焊)		
19	斜面连接(钎焊)		
20	折叠连接(钎焊)		

表 8-124　基本符号的组合

序号	名　　称	示　意　图	符　　号
1	双面 V 形焊缝(X 焊缝)		
2	双面单 V 形焊缝(K 焊缝)		
3	带钝边的双面 V 形焊缝		
4	带钝边的双面单 V 形焊缝		
5	双面 U 形焊缝		

表 8-125　补充符号

序号	名　　称	符　　号	说　　明
1	平面		焊缝表面通常经过加工后平整
2	凹面		焊缝表面凹陷
3	凸面		焊缝表面凸起
4	圆滑过渡		焊趾处过渡圆滑
5	永久衬垫	M	衬垫永久保留
6	临时衬垫	MR	衬垫在焊接完成后拆除
7	三面焊缝		三面带有焊缝
8	周围焊缝		沿着工件周边施焊的焊缝 标注位置为基准线与箭头线的交点处
9	现场焊缝		在现场焊接的焊缝
10	尾部		可以表示所需的信息

表 8-126　尺寸符号

符号	名　称	示　意　图	符号	名　称	示　意　图
δ	工件厚度		c	焊缝宽度	
α	坡口角度		K	焊脚尺寸	
β	坡口面角度		d	点焊:熔核直径 塞焊:孔径	
b	根部间隙		n	焊缝段数	$n=2$
p	钝边		l	焊缝长度	
R	根部半径		e	焊缝间距	
H	坡口深度		N	相同焊缝数量	$N=3$
S	焊缝有效厚度		h	余高	

尺寸的标注方法参见表 8-126。

① 横向尺寸标注在基本符号的左侧；

② 纵向尺寸标注在基本符号的右侧；

③ 坡口角度、坡口面角度、根部间隙标注在基本符号的上侧或下侧；

④ 相同焊缝数量标注在尾部；

⑤ 当尺寸较多不易分辨时，可在尺寸数据前标注相应的尺寸符号。

当箭头线方向改变时，上述规则不变。

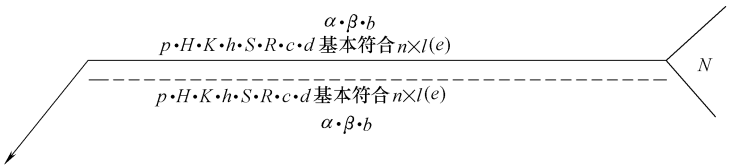


图 8-32　尺寸标注方法

关于尺寸的其他规定：

确定焊缝位置的尺寸不在焊缝符号中标注，应将其标注在图样上。

在基本符号的右侧无任何尺寸标注又无其他说明时，意味着焊缝在工件的整个长度方向上是连续的。

在基本符号的左侧无任何尺寸标注又无其他说明时，意味着对接焊缝应完全焊透。

塞焊缝、槽焊缝带有斜边时，应标注其底部的尺寸。

表 8-127　基本符号的应用示例

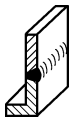
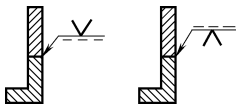
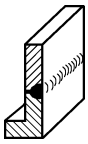
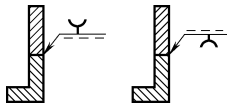
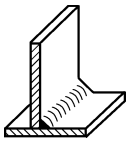
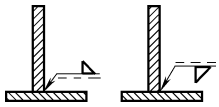
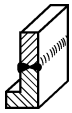
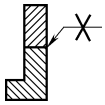
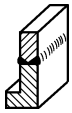
序号	符号	示　意　图	标 注 示 例	备　　注
1				
2				
3				
4				
5				

表 8-128　补充符号应用示例

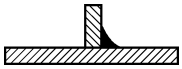
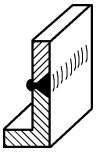
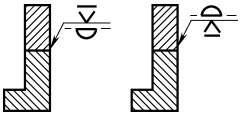
序号	名　称	示　意　图	符　　号
1	平齐的 V 形焊缝		
2	凸起的双面 V 形焊缝		
3	凹陷的 角焊缝		
4	平齐的 V 形焊缝 和封底焊缝		
5	表面过渡 平滑的角焊缝		

表 8-129　补充符号的标注示例

序号	符号	示　意　图	标 注 示 例	备　　注
1				

（续）

序号	名称	示　意　图	标注示例	备　　注
2				
3				

表 8-130　尺寸标注的示例

序号	名称	示　意　图	尺寸符号	标注方法
1	对接焊缝	S	S:焊缝有效厚度	S
2	连续角焊缝	K	K:焊脚尺寸	K
3	断续角焊缝	l (e) l	l:焊缝长度 e:间距 n:焊缝段数 K:焊脚尺寸	K n×l(e)
4	交错断续角焊缝	l (e) l (e) l l (e) l	l:焊缝长度 e:间距 n:焊缝段数 K:焊脚尺寸	K n×l (e) K n×l (e)
5	塞焊缝或槽焊缝	c c l (e) l d d (e)	l:焊缝长度 e:间距 n:焊缝段数 c:槽宽 d:孔径	c n×l(e) d n×(e)
6	点焊缝	d d (e)	n:焊点数量 e:焊点距 d:熔核直径	d n×(e)
7	缝焊缝	c c l (e) l	l:焊缝长度 e:间距 n:焊缝段数 c:焊缝宽度	c n×l(e)

8.5　铆接

8.5.1　基本设计计算方法

利用铆钉把两个以上的零件连接在一起的不可拆连接称铆钉连接，简称铆接。由连接件、铆钉和被连接件组成，有的还有辅助盖板等。这些基本元件所形成的连接部分统称为缝。

8.5.1.1　铆接的特点与应用

铆接具有工艺设备简单、抗振、耐冲击和牢固可靠等优点，因而得到广泛的应用。

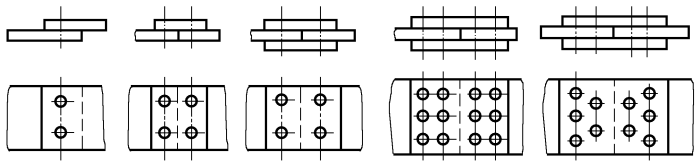
近年来，由于焊接和高强度螺栓摩擦连接的发展，铆接的应用逐渐减少。但在少数承受严重冲击或振动载荷的金属结构中，由于焊接技术的限制，目前还离不开铆接。如在轻金属结构（如飞机结构）中，铆接至今还是连接的主要形式。此外，非金属元件的连接（如制动装置中的摩擦片与闸靴或闸带的连接）有时也需采用铆接。

8.5.1.2　铆缝和铆钉

1. 铆缝

铆钉连接的接缝（接头）称铆缝，根据铆缝的性能分为强固连接、强密连接和紧密连接三种情况。强固铆缝以强度为基本要求的铆缝，例如起重设备的机架、建筑结构的铆缝以及飞机框架等结构用的铆缝；强密铆缝指不但要有足够的强度，而且要求保证良好的紧密性的铆缝，例如蒸汽锅炉、压缩空气储存器等承受高压的容器的铆缝；紧密铆缝仅以紧密性为基本要求的铆缝，多用于一般的流体储罐和低压管道等。

根据铆接接头的构造不同，铆缝可分为搭接（图 8-33a）、单盖板对接（图 8-33b）和双盖板对接（图 8-33c）三种。根据主板上铆钉的排数不同，铆缝又可分为单排、双排和多排连接等几种形式。在双排和多排连接中，根据铆钉的排列方式不同，又可分为并列和交错两种。图 8-33d 为并列铆缝，图 8-33e 为交错铆缝。



a)　b)　c)　d)　e)

图 8-33　铆缝的形式

2. 铆钉

（1）铆钉类型

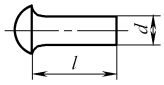
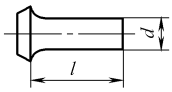
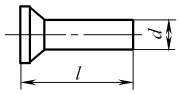
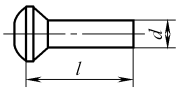
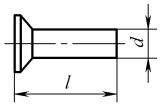
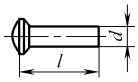
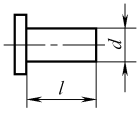
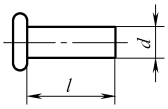
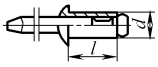
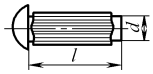
铆钉是标准件，有空心和实心两种。空心铆钉用于受力较小的薄板或非金属件的连接。钢制实心铆钉按钉头形式可分为很多种。常用铆钉的形式、规格和用途见表 8-131。

（2）铆钉材料

钢：Q235、Q215、ML2、ML3、10、15 等低碳钢；

合金钢：ML20MnA、ML30CrMnSiA、1Cr18Ni9Ti 等；

表 8-131　常用铆钉的形式、规格和用途

名称	形状	标准	规格		用　　途
			d	l	
半圆头		GB/T 863.1—1986（粗制）	12～36	20～200	承受较大横向载荷的铆缝，应用最广的一种铆接用紧固件。用于锅炉、容器、桥梁和桁架等钢结构上作铆接用紧固件。铆接的特点是不可拆卸的，如要把两个被铆接件分开，必须把铆钉破坏掉。精制钢钉表面粗糙度较小，尺寸精度较高，用于对尺寸精度和表面状况要求较高的场合
		GB/T 863.2—1986（粗制）	10～36	12～200	
		GB/T 867—1986	0.6～16	1～110	
平锥头		GB/T 864—1986（粗制）	12～36	20～200	因钉头较大，耐腐蚀性较强，常用在船壳、锅炉、水箱等腐蚀性较强的场合
		GB/T 868—1986	2～16	3～110	
沉头		GB/T 865—1986（粗制）	12～36	20～200	用于表面要求平滑，并且载荷不大的铆缝。承载能力比半圆头低
		GB/T 869—1986	1～16	2～100	
半沉头		GB/T 866—1986（粗制）	12～36	2～200	用于表面要求平滑，并且载荷不大的铆缝
		GB/T 870—1986	1～16	2～100	
120°沉头		GB/T 954—1986	1.2～8	1.5～50	用于表面要求平滑，并且载荷不大的铆缝
120°半沉头		GB/T 1012—1986	3～6	5～40	用于表面要求平滑，并且载荷不大的铆缝
平头		GB/T 109—1986	2～10	4～30	做强固接缝用铆缝
扁平头		GB/T 872—1986	1.2～10	1.5～50	用于金属薄板或非金属材料之间的铆接
抽芯铆钉		GB/T 12615—2004	3～6	6～18	一种特殊铆钉。其特点是单面进行铆接操作，但须使用拉铆枪，特别适用于不便采用普通钢钉的零件。广泛用于建筑、汽车、船舶、飞机、电器、家具等行业。其中以开口型扁圆头抽芯铆钉应用最广，沉头抽芯铆钉应用于表面不允许钉头露出的场合，封闭型抽芯铆钉应用于要求较高强度和一定密封性能的场合
		GB/T 12616—2004			
		GB/T 12617—2006		7～40	
		GB/T 12618—2006			
标牌铆钉		GB/T 827—1986	1.6～5	3～20	用于标牌的铆接

铝合金：2A01、2A10、1050A 、1035、7A03 等；

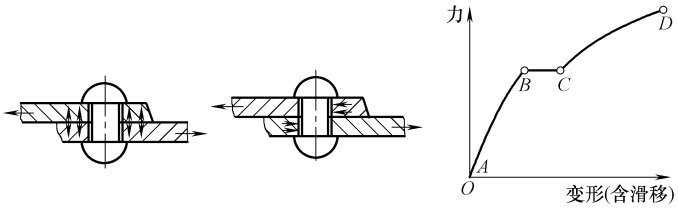
钛合金：TA2、TA3、TB2—1 等。

钢铆钉直径如小于 12mm，铆合时可不加热，称为冷铆；直径大于 12mm 时，铆合时通常要把铆钉全部或局部加热，称为热铆。铝合金铆钉均用冷铆。

8.5.1.3　铆接的原理与破坏形式

1. 铆接工作原理

热铆是铆钉在红热时铆合，冷却后由于钉杆的纵向收缩，把被铆件压紧；由于钉杆的横向收缩，在钉杆与孔壁间产生少许间隙。铆件被铆钉头压紧，载荷横向力就靠相伴而生的摩擦力来传递，如图 8-34a 所示，即图 8-34c 中 *AB* 段的工作情况。当横向力超过铆缝中可能产生的最大摩擦力时，被铆件发生相对滑动，而钉杆两侧将分别与两被铆件的孔壁接触，于是有一部分载荷将通过杆孔互压来传递，如图 8-34b 所示，即图 8-34c 中 *CD* 段的工作情况。热铆铆接的力-变形曲线如图 8-34c 所示，其中 *BC* 为滑移台阶，*D* 为破坏发生点。



a)　　b)　　c)

图 8-34　铆接工作原理图

2. 铆缝的破坏形式

如果外载荷继续增大并超过一定限度，将使铆缝损坏，主要的可能损坏是：

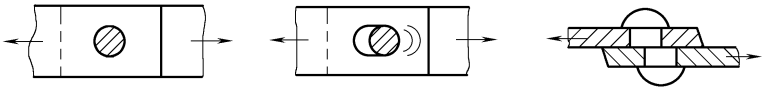
1）被铆件沿被钉孔削弱的截面拉断，如图 8-35a 所示；

2）被铆件孔壁被压溃，如图 8-35b 所示；

3）铆钉被剪断，如图 8-35c 所示。

冷铆铆接要求铆合后，钉杆胀满钉孔，其力-变形曲线与图 8-35c 所示相似，但无滑移台阶。

对于强密铆缝，滑移将破坏连接的紧密性，所以防滑条件是衡量连接工作能力的准则。防滑能力的大小与铆合技术的好坏有密切关系。对于强固铆缝，虽少量滑移不致影响连接质量，但也要在工艺上采取措施，力图避免滑移，或使滑移减至最小。



a)　　b)　　c)

图 8-35　铆接的失效图

8.5.1.4　铆接铆缝的设计计算要点

铆缝的设计计算应根据承载的具体情况，参照有关技术规范，选出合适的铆缝类型及铆钉规格，再进行铆缝的结构设计，分析铆缝受力时可能的破坏形式，并进行必要的强度校

核。例如：针对铆接的被铆件孔壁被压溃以及铆钉被剪断等失效形式，建立相应的强度条件，关于挤压强度条件、剪切强度条件等可参考材料力学中的相关公式进行计算，此处不再重复。

8.5.1.5　铆接的设计计算实例

实例 1　设计如图 8-36 所示的两块板组成的单排搭接铆缝：已知拉力 $F=25\text{kN}$，被连接的板为 45 钢，厚度 $\delta=2.54\text{mm}$，板边为切割边，按强固铆缝考虑，试求：

（1）选择铆钉类型、个数、材料、热处理方式及确定许用应力；

（2）计算铆钉直径；

（3）确定铆钉长度；

（4）确定铆钉间距 t 以及板边距 e_1、e_2；

（5）确定钢板宽度 b；

（6）确定铆接方法。

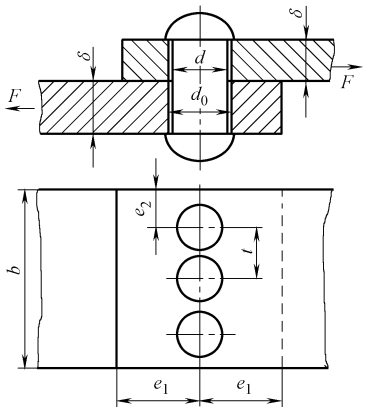


图 8-36　铆接设计实例 1

解：

（1）选择铆钉类型、个数、材料、热处理方式及确定许用应力

可采用使用最广泛的半圆头铆钉，单排，考虑受力均匀，不宜采用过多的铆钉，最少为 2 个，为了使结构紧凑，本例取 3 个。

查表 8-136 铆钉材料及其热处理和表面处理：考虑没有特殊要求为一般结构，选碳钢，初选铆钉材料为 Q215，退火处理。查表 8-135 组成强固铆缝各元件的静载许用应力：许用拉应力为 $[\sigma]=200\text{MPa}$，许用挤压应力为 $[\sigma_p]=400\text{MPa}$，许用切应力为 $[\tau]=180\text{MPa}$。

（2）计算铆钉直径

由铆钉的剪切强度条件可得铆钉所需最小直径 $d_{\min}$：

$$d_{\min}\geqslant\sqrt{\frac{F}{\frac{\pi}{4}Z[\tau]}}\geqslant\sqrt{\frac{25\times10^3}{\frac{\pi}{4}\times3\times180}}\text{mm}\geqslant7.68\text{mm}$$

查表 8-132，取基本系列，公称杆径 8mm；又按表 8-137 半圆头铆钉的尺寸规格，恰好有 $d=8\text{mm}$ 的铆钉直径；查表 8-133 铆钉用通孔直径，按精装配要求，钉孔直径取 8.2mm。

（3）确定铆钉长度

查表法：因已知板厚 $\delta=2.54\text{mm}$，因此铆板总厚为：$\sum\delta=2\times2.54\text{mm}=5.08\text{mm}$，按 6mm 取；查表 8-139 圆头铆钉长度的选择：铆钉直径 $d=8\text{mm}$，因此铆钉长度为：$l=16\text{mm}$

计算法：$l\approx1.1\sum\delta+1.4d=1.1\times(2\times2.54)\text{mm}+1.4\times8\text{mm}=16.788\text{mm}$，查表 8-139 圆头铆钉长度的选择：铆钉直径 $d=8\text{mm}$，圆整到标准长度，因此铆钉长度为：$l=16\text{mm}$

（4）确定铆钉间距 t 以及板边距 e_1、e_2

1）确定铆钉间距 t：

查表 8-134 铆钉间的距离（GB/50017—2003），按铆钉并列考虑，计算最大、最小距离：

最大值为：$t_{max}=8d_0=8\times8.2mm=65.6mm$ 及 $t_{max}=12\delta=12\times2.54mm=30.48mm$，本例取上述中的小值，即：$t_{max}=30.48mm$。最小值为：$t_{min}=3d_0=3\times8.2mm=24.6mm$

综上考虑，本例铆钉间距 $t=25mm$。

2）确定板边距 e_1、e_2

① 求平行于载荷方向的距离 e_1：

查表 8-134 铆钉间的距离（GB/50017—2003）：

计算公式为：$e_{1max}=4d_0=4\times8.2mm=32.8mm$ 或 $e_{1max}=8\delta=8\times2.54mm=20.32mm$

$$e_{1min}\geqslant2d\geqslant2\times8mm\geqslant16mm$$

再按表 8-134 注：$e_1\geqslant2d\geqslant2\times8mm\geqslant16mm$，

综合考虑，为了使结构紧凑，本例取平行于载荷方向的距离 $e_1=16mm$。

② 求垂直于载荷方向的距离 e_2：

查表 8-134 铆钉间的距离（GB/50017—2003）：

计算公式为：$e_{2max}=4d_0=4\times8.2mm=32.8mm$ 或 $e_{2max}=8\delta=8\times2.54mm=20.32mm$

因为题目给出板边为切割边，因此查表 8-134 计算出 e_2：

$$e_{2min}\geqslant1.5d_0=1.5\times8.2mm=12.3mm$$

再按表 8-134 注：

$$e_2\approx(1.5\sim2)d=(1.5\sim2)\times8mm=(12\sim16)mm$$

综合考虑，为了使结构紧凑，本例取垂直于载荷方向的距离 $e_2=16mm$。

③板边距 e_1 的校核计算

由板边剪切强度条件计算板边距 e_1：

$$e_{min}\geqslant\frac{F}{2\delta z[\tau]}+\frac{d_0}{2}=\left(\frac{25\times10^3}{2\times3\times3\times180}+\frac{8.2}{2}\right)mm\geqslant11.8mm$$

圆整后可取 $e\geqslant12mm$ 的整数。

$e_1=16mm>e_{min}=12mm$，因此平行于载荷方向的距离 $e_1=16mm$ 时抗剪强度足够。

也说明按 GB/50017—2003 计算得到的 $e=16mm$ 是合理的。

垂直于载荷方向的距离 e_2，一般也无须进行强度校核。

讨论：从本例题的计算结果可以看出：对于一般用途的铆钉连接，只需按表 8-134 计算出的板边距 e_1、e_2，强度已经富富有余，因此可以不必再按强度公式进行校核计算。

（5）确定钢板宽度 b

1）由结构求出钢板宽度 b

从图 8-36 可求出钢板宽度 b

$$b=2t+2e_2=(2\times25+2\times16)mm=82mm$$

2）验算钢板强度

由抗拉强度可得钢板宽度 b：

$$b_{min}\geqslant\frac{F}{\delta[\sigma]}+zd_0=\left(\frac{25\times10^3}{2.54\times200}+3\times8.2\right)mm=73.81mm$$

钢板宽度 $b=82mm>b_{min}=73.81mm$ 满足强度要求。

（6）确定铆接方法

因为铆钉钉杆直径 $<10mm$，因此采用冷铆方法，一般大于 10mm 采用热铆方法。

实例 2　图 8-37 所示为单搭板对接铆缝，铆钉个数为每排 3 个，板厚 $\delta=3\text{mm}$，钢板边缘为轧制边，板材料采用普通碳素钢 Q235，铆缝强度系数 $\phi=\dfrac{b-zd_0}{b}$。若载荷 $F=15\text{kN}$，按强固铆缝考虑，试设计该铆接连接：

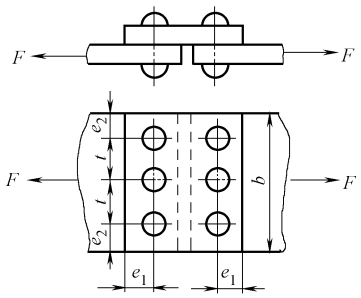


图 8-37　铆接设计实例 2

（1）选择铆钉材料、试确定铆钉类型；

（2）确定铆钉直径；

（3）确定铆钉钉距 t；

（4）确定板边距 e_1、e_2；

（5）试确定板宽 b；

（6）求出铆缝强度系数；

（7）分析铆缝中哪方面强度最弱；

（8）若要求铆缝强度系数 $\phi=80\%$，试确定板宽 b。

解：

（1）选择铆钉材料、确定铆钉类型

考虑没有特殊要求，本题被连接板的材料采用普通碳素钢 Q235，因此铆钉材料考虑碳钢，查表 8-136，铆钉材料选择 Q215。

铆钉类型采用最广泛使用的半圆头铆钉。

（2）确定铆钉直径

由铆钉的抗切强度条件可得铆钉直径 d：

由表 8-135 组成强固铆缝各元件的静载许用应力：铆钉的许用拉应力 $[\sigma]=200\text{MPa}$，许用压应力 $[\sigma_p]=400\text{MPa}$，许用切应力 $[\tau]=180\text{MPa}$。代入强度公式求出铆钉所需最小直径 $d_{\min}$：

$$d_{\min}\geqslant\sqrt{\frac{F}{\frac{\pi}{4}Z[\tau]}}=\sqrt{\frac{15\times10^3}{\frac{\pi}{4}\times3\times180}}\text{mm}\approx5.95\text{mm}$$

查表 8-132，取基本系列 $d=6\text{mm}$；又按表 8-137 半圆头铆钉的尺寸规格，恰好有 $d=6\text{mm}$ 的铆钉直径；查表 8-133 铆钉用通孔直径，因直径较小，选精装配：铆钉孔直径为 $d_0=6.2\text{mm}$。

（3）确定铆钉钉距 t

查表 8-134 铆钉间的距离（GB 50017—2003），按钉并列考虑，计算最大、最小距离。最大值为

$$t_{\max}=8d_0=8\times6.2\text{mm}=49.6\text{mm}\ 及\ t_{\max}=12\delta=12\times3\text{mm}=36\text{mm},$$

本例取上述中的小值，即：$t_{\max}=12\delta=12\times3\text{mm}=36\text{mm}$。

最小值为：$t_{\min}=3d_0=3\times6.2\text{mm}=18.6\text{mm}$

综上考虑，再考虑尽量结构紧凑，本例题取铆钉间距 $t=20\text{mm}$。

（4）确定板边距 e_1、e_2

1）求平行于载荷方向的距离 e_1：

查表 8-134 铆钉间的距离（GB/50017—2003）：

计算公式为：$e_{1\max}=4d_0=4\times6.2\text{mm}=24.8\text{mm}$ 或 $e_{1\max}=8\delta=8\times3\text{mm}=24\text{mm}$

$$e_{1\min}\geqslant2d=2\times6\text{mm}=12\text{mm}$$

再按表 8-134 注：

$$e_1\geqslant2d=2\times6\text{mm}=12\text{mm}$$

综合考虑，为了使结构紧凑，本例取平行于载荷方向的距离 $e_1=12\text{mm}$。

2）求垂直于载荷方向的距离 e_2：

查表 8-134 铆钉间的距离（GB/50017—2003）：

计算公式为：

$$e_{2\max}=4d_0=4\times6.2\text{mm}=24.8\text{mm}\text{ 或 }e_{2\max}=8\delta=8\times3\text{mm}=24\text{mm}$$

因为题目给出板边为轧制边，因此按表 8-134 计算出 e_2：

$$e_{2\min}\geqslant1.2d_0=1.2\times6.2\text{mm}=7.44\text{mm}$$

再按表 8-134 注：

$$e_2\approx(1.5\sim2)d=(1.5\sim2)\times6\text{mm}=(9\sim12)\text{mm}$$

综合考虑，为了使结构紧凑，本例取垂直于载荷方向的距离 $e_2=10\text{mm}$

3）板边距 e_1 的校核计算

由板边剪切强度条件计算板边距 e_1：

$$e_{\min}\geqslant\frac{F}{2\delta z[\tau]}+\frac{d_0}{2}=\left(\frac{15\times10^3}{2\times3\times3\times180}+\frac{6.2}{2}\right)\text{mm}=7.73\text{mm}$$

由 1）计算得：平行于载荷方向的距离 $e_1=12\text{mm}>e_{\min}=7.73\text{mm}$，因此抗剪强度足够。也说明按 GB/50017—2003 计算得到的 $e_1=12\text{mm}$ 是合理的。

垂直于载荷方向的距离 $e_2=10\text{mm}>e_{\min}=7.23\text{mm}$，强度足够，$e_2$ 一般也无须进行强度校核。

（5）确定板宽 b

1）由结构求出钢板宽度 b

从图 8-37 可求出钢板宽度 b

$$b=2t+2e_2=(2\times20+2\times10)\text{mm}=60\text{mm}$$

2）验算钢板强度

由抗拉强度可得钢板宽度 b：

$$b_{\min}\geqslant\frac{F}{\delta[\sigma]}+zd_0=\left(\frac{15\times10^3}{3\times200}+3\times6.2\right)\text{mm}=43.6\text{mm}$$

因此取钢板宽度 $b=60\text{mm}>b_{\min}=43.6\text{mm}$，满足强度要求。

（6）求铆缝强度系数 ϕ

$$\phi=\frac{b-zd_0}{b}\times100\%=\frac{60-3\times6.2}{60}\times100\%=69\%$$

（7）分析铆缝中哪方面强度最弱

1）铆钉的剪切承载力：$F_1=\frac{\pi}{4}d^2z[\tau]=\frac{\pi}{4}\times6^2\times3\times180\text{N}=15.27\text{kN}$

2）钉孔的挤压承载力：$F_2=zd_0\delta[\sigma_p]=3\times6.2\times3\times400\text{N}=22.32\text{kN}$

3）板的拉伸承载力：$F_3=(b-zd_0)\delta[\sigma]=(60-3\times6.2)\times3\times200\text{N}=24.84\text{kN}$

4）板边剪切承载力：$F_4=2z\delta\left(e_1-\dfrac{d_0}{2}\right)[\tau]=2\times3\times3\times\left(12-\dfrac{6.2}{2}\right)\times180\text{N}=28.84\text{kN}$

相比之下，铆钉的剪切承载力 F_1 和钉孔的挤压承载力 F_2 较小，可见：铆钉抗剪强度和钉孔的挤压承载力较弱。

（8）若要求铆缝强度系数 $\phi=80\%$ 时的板宽 b

因为铆缝强度系数 $\phi=\dfrac{b-zd_0}{b}$，所以板宽 b 为：$b=\dfrac{zd_0}{1-\phi}=\dfrac{3\times6.2}{1-0.8}\text{mm}=93\text{mm}$

8.5.1.6　铆接的结构设计

1. 铆接结构设计考虑的问题

1）平行于载荷方向上的铆钉数量最多不超过 6 个，但不应少于 2 个。同一结构中的铆钉直径尽量统一，最多不超过两种。

2）采用多排铆钉时，尽量使铆钉交错布置，以提高铆接的强度系数。

3）铆接厚度一般不超过铆钉直径的 5 倍。

4）直径如大于 12mm，采用热铆，即铆合时通常要把铆钉全部或局部加热。但是铝合金铆钉因为硬度较低，因此均用冷铆。

5）冲孔只能用于不受力或受力较小的不重要铆接中，因为冲孔铆接的承载能力要比钻孔铆接的承载能力降低 20% 左右。

6）多层板铆合时，需将各层板的接口错开。

7）板厚小于 4mm，且对紧密性要求较高时，可以把涂有铅丹的亚麻布放在钢板之间以获得紧密性。板厚大于 4mm 时才进行敛边。

2. 铆接结构设计实例

1）图 8-38 所示铆钉结构有问题：在力的作用方向设置 11 个铆钉，数量过多，因为钉孔制作不可避免地存在着误差，许多铆钉不可能同时受力，因此受力不均。也不能太少，以免铆钉打转，如果确实需要 6 个以上的铆钉，可以设计成两排或多排铆钉连接。

2）图 8-39 所示的铆接、焊接结构有错误：进行铆接设计时，不可将铆接结构再进行焊接，因焊接产生的应力和变形将会破坏铆钉的连接状态，甚至使铆钉失效，起不到双重保险的作用，反而增加了发生事故的隐患。

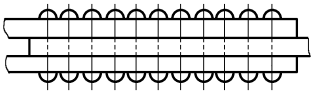


图 8-38　结构设计（1）

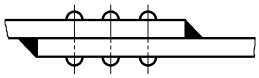
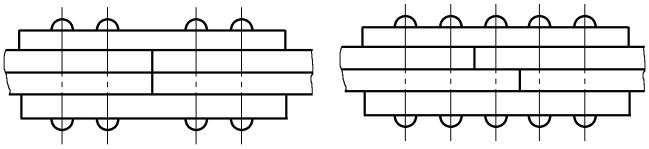


图 8-39　结构设计（2）

3）图 8-40a 所示的结构是不好的，因为将各层板的接头放在了一个断面内，将使结构



a)　　b)

图 8-40　结构设计（3）

整体产生一个薄弱截面，这是不合理的。应该改成如图 8-40b 所示的结构，将各层板的接头相互错开。

8.5.2　设计标准及规范

8.5.2.1　铆钉公称杆径（见表 8-132）

表 8-132　铆钉杆径（GB/T 18194—2000）　（mm）

公称杆径	基本系列	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36
	第二系列	1.4	3.5	7	14	18	22	27	33									

注：本标准不适用于抽芯铆钉

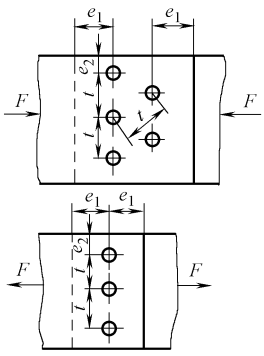
8.5.2.2　铆钉通孔直径（见表 8-133）

表 8-133　铆钉用通孔直径　（mm）

铆钉公称直径 d		0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8
d_h 精装配		0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	5.2	6.2	8.2
铆钉公称直径 d		10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36				
d_h	精装配	10.3	12.4	14.5	16.5	—	—	—	—	—	—	—				
	粗装配	11	13	15	17	19	21.5	23.5	25.5	28.5	32	38				

8.5.2.3　铆钉间距（见表 8-134）

表 8-134　铆钉间的距离（摘自 GB/50017—2003）　（mm）



名称	位置与方向		允许距离			注
			最大（取两者之小值）	最小		
间距 t	外排		$8d_0$ 或 12δ	钉并列	$3d_0$	d_0—钉孔直径 δ—外层较薄板件的厚度
	中间排	构件受压	$12d_0$ 或 18δ	钉错列	$3.5d_0$	
		构件受拉	$16d_0$ 或 24δ			
边距	平行于载荷的方向 e_1		$4d_0$ 或 8δ	$2d_0$		
	垂直于载荷的方向 e_2	切割边		$1.5d_0$		
		轧制边		$1.2d_0$		

注：1. 钢板边缘与刚性构件（如角钢、槽钢等）连接时，铆钉最大间距可按中间排确定。
2. 也可用下式估算边距：$e_1 \geqslant 2d$；$e_2 \approx (1.5 \sim 2)d$。

8.5.2.4　铆钉许用应力（见表 8-135）

表 8-135　组成强固铆缝各元件的静载许用应力

许用应力	元件材料	
	Q215	Q235、Q255
许用拉应力[σ]/MPa	200	210
许用压应力[σ_p]/MPa	400	420
许用切应力[τ]/MPa	180	180

注：采用冲孔或各被铆件分开钻孔而不用样板时，[σ]、[σ_p] 降低 20%；角钢单边铆接时，各许用应力降低 25%。

8.5.2.5　铆钉材料及热处理（见表 8-136）

表 8-136　常用铆钉材料及其热处理和表面处理

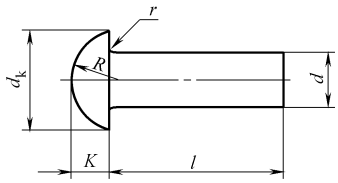
铆钉材料		热处理	表面处理	应　用
钢和合金钢	Q215-A、Q235-A、ML2、ML3	退火（冷镦产品）	无 镀锌钝化	一般钢结构
	10、15、ML10、ML15			受力较大的钢结构
	ML20MnA	无 淬火	无	受力很大的钢结构
	1Cr18Ni9Ti			不锈钢、钛合金等耐热、耐蚀结构
钢及其合金	T3	无 退火	无 钝化	导电结构
	H62、HPb59-1			
	H62 防磁			有防磁要求的结构
铝及其合金	1050A(L3)、1035(L4)	无	无	非金属结构、标牌
	2A01(LY1)	淬火并时效	阳极氧化	受力较小或薄壁构件
	2A10(LY10)	淬火并时效	无	一般结构件
			阳极氧化	
	5B05(LF10)	退火	无	镁合金结构件
			阳极氧化	
	3A21(LF21)	无	无	铝合金及非金属结构

注：1. 不同冶炼及浇注方法制造的钢料同样可以采用。
2. “铆钉材料”栏内所列的各种材料，可以互相通用。
3. 对冷镦钢铆钉应退火处理，并由供需方双方协商有关事宜。
4. 铆钉表面不允许有影响使用的裂缝。

8.5.2.6　常用铆钉

1. 半圆头铆钉（见表 8-137 ~ 表 8-139）

表 8-137　半圆头铆钉（GB/T 867—1986）、粗制（GB/T 863.1—1986）　　（mm）



标记示例

公称直径 $d=8$mm、公称长度 $l=50$mm、材料为 ML2 钢、不经表面处理的半圆头铆钉的标记：

铆钉 GB/T 867—1986—8×50

公称直径 $d=16$mm、公称长度 $l=60$mm、材料为 BL2 钢、不经表面处理的半圆头铆钉的标记：

铆钉 GB/T 863.1—1986—16×60

半圆头铆钉(粗制)(GB/T 863.1—1986)尺寸

d	公称	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36
	max	12.3	14.3	16.3	18.3	20.35	22.35	24.35	27.35	30.35	36.4
	min	11.7	13.7	15.7	17.7	19.65	21.65	23.65	26.65	29.65	35.6
d_k	max	22	25	30	33.4	36.4	40.4	44.4	49.4	54.8	63.8
	min	20	23	28	30.6	33.6	37.6	41.6	46.6	51.2	60.2
K	max	8.5	9.5	10.5	13.3	14.8	16.3	17.8	20.2	22.2	26.2
	min	7.5	8.5	9.5	11.7	13.2	14.7	16.2	17.8	19.8	23.8
$R\approx$		11	12.5	15.5	16.5	18	20	22	26	27	32
l 商品规格范围		20~90	22~100	26~110	32~150		38~180	52~180	55~180		58~200

半圆头铆钉(GB/T 867—1986)尺寸

$d_{公称}$ max		1.4	1.6	2	2.5	3	4	5
d_k max	A 型	2.6	3	3.7	4.6	5.45	7.25	9.1
	B 型	2.7						

（续）

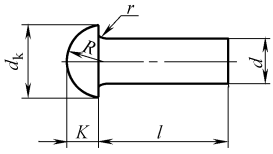
半圆头铆钉(GB/T 867—1986)尺寸								
$d_{公称}$ max		1.4	1.6	2	2.5	3	4	5
K max		0.9	1.1	1.3	1.6	1.95	2.55	3.15
R ≈		1.4	1.6	1.9	2.4	2.8	3.8	4.6
l① 公称范围	A 型	3～6	3～8	3～10	3～12	4～16	5～20	6～25
	B 型			4～10	4～12	5～16	6～20	8～25

$d_{公称}$ max		6	8	10	12	16	20
d_k max	A 型	10.8	14.4	16	19	25	32
	B 型					26	31.5
K max		3.75	5	7.4	8.4	10.9	13.9
R ≈		5.7	7.5	8	9.5	13	16.5
l① 公称范围	A 型	8～30	10～40	12～40	16～40	20～40	25～40
	B 型						

注：尽可能不采用括号内的规格。

① 公称长度系列为：3、4、5、6～12（2 进级）、16、20～30（GB/T 863.1 为 2 进级，GB/T 867 为 5 进级）、32、35、38、40、42、45、48、50、52、55、58、60～100（5 进级）、100～200（10 进级）。

表 8-138　小半圆头铆钉（粗制）（GB/T 863.2—1986）　　（mm）



标记示例

公称直径 $d=12$mm、公称长度 $l=50$mm、材料为 ML2 钢、不经表面处理的小半圆头铆钉的标记：

铆钉 GB/T 863.2—1986—12×50

尺寸							
d	公称	10	12	(14)	16	(18)	20
	max	10.3	12.3	14.3	16.3	18.3	20.35
	min	9.7	11.7	13.7	15.7	17.7	19.65
d_k	max	16	19	22	25	28	32
	min	14.9	17.7	20.7	23.7	26.7	30.4
K	max	7.4	8.4	9.9	10.9	12.6	14.1
	min	6.5	7.5	9	10	11.5	13
R≈		8	9.5	11	13	14.5	16.5
l 商品规格范围		12～50	16～60	20～70	25～80	28～90	30～200

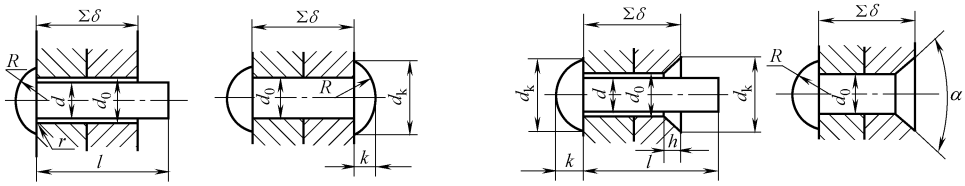
d	公称	(22)	24	(27)	30	36
	max	22.35	24.35	27.35	30.35	36.4
	min	21.65	23.65	26.65	29.65	35.6
d_k	max	36	40	43	48	58
	min	34.4	38.4	41.4	46.4	56.1
K	max	15.1	17.1	18.1	20.3	24.3
	min	14	16	17	19	23
R≈		18.5	20.5	22	24.5	30
l 商品规格范围		35～200	38～200	40～200	42～200	48～200

注：1. 尽可能不采用括号内的规格。

2. 其他材料、热处理和表面处理见 GB/T 116。

3. 公称长度系列为 12～22（2 进级）、25、28、30、32、35、38、40、42、45、48、50、52、55、58、60、62、65、68、70～100（5 进级）、100～200（10 进级）。

表 8-139　半圆头铆钉长度的选择　　（mm）



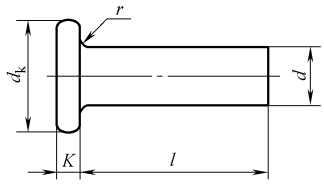
铆成半圆头　　铆成沉头

l	d								l	d							
	3	4	5	6	8	10	12	16		3	4	5	6	8	10	12	16
	铆接厚度∑δ									铆接厚度∑δ							
5	1.5								5	3							
6	2.5	1							6	4	3						
8	4.5	3	2						8	5.5	5	5					
10	6	4.5	4	2.5					10	7.5	7	7	6.5				
12	8	6	5.5	4.5					12	9	8.5	8.5	8				
14	9.5	8	7	6					14	11	10	10	9.5				
16	11.5	9.5	9	7.5	6	5			16	13	11.5	12	11	11	9		
18	13.5	11	10.5	9.5	8	6.5			18	14.5	13.5	13.5	12.5	12.5	11		
20	15	13	12	11	9.5	8			20	16	15	15	14	14	13		
22		14.5	14	12.5	11	9.5	7.5		22		17	17	15.5	15.5	14.5	14	
24		16	15.5	14.5	13	11	9		24		18.5	18.5	17.5	17	16	16	
26		18	17	16	14.5	12	10.5		26		20	20	19	18.5	17.5	17.5	
28		19.5	19	17.5	16	13.5	12		28		22	21.5	21	20	19	19	
30		21	20.5	19.5	18	15	14		30		24	23	22.5	22	20.5	20.5	
32		22.5	22	21	19.5	16.5	16		32		26	24.5	24	23.5	22	22	
34		24	23.5	22.5	21	17.5	17.5		34		27.5	26	25.5	25	23.5	23.5	
36		25.5	25	24	23	19	19		36		29	27.5	27	26.5	25	25	
38		27	27	27.5	24.5	20.5	20.5		38		30.5	39	28.5	28	26.5	26.5	
40		28.5	28.5	29.5	26.5	22	22		40		32	30.5	30	30	28	28	
42				31	28	24	24	20	42				31.5	31.5	30	30	30
46				34	31.5	27	27.5	23	46				35	35	33.5	33.5	33.5
50				37	35	30	30	27	50				39	39	37	37	37
55				41	39.5	34	34	31	55				43	43	41	41	41
60				45	44	38	38	36	60				47	47	45	45	45
65						42	42	40	65						49	49	49
70						46	46	44	70						53	53	53
75						50	50	48	75						57.5	57.5	57.5
80						54	54	52	80						62	62	62

注：本表只作为选择铆钉长度时的参考。

2. 平头铆钉（见表 8-140、表 8-141）

表 8-140　平头铆钉（GB/T 109—1986）　　（mm）



标记示例

公称直径 $d=6$mm、公称长度 $l=15$mm、材料为 ML2 钢、不经表面处理的平头铆钉的标记：

铆钉 GB/T 109—1986—6×15

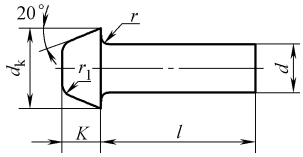
（续）

尺寸						
d	公称	2	2.5	3	(3.5)	4
	max	2.06	2.56	3.06	3.58	4.08
	min	1.94	2.44	2.94	3.42	3.92
d_k	max	4.24	5.24	6.24	7.29	8.29
	min	3.76	4.76	5.76	6.71	7.71
K	max	1.2	1.4	1.6	1.8	2
	min	0.8	1	1.2	1.4	1.6
l 通用规格范围		4～8	5～10	6～14	6～18	8～22

d	公称	5	6	8	10
	max	5.08	6.08	8.1	10.1
	min	4.92	5.92	7.9	9.9
d_k	max	10.29	12.35	16.35	20.42
	min	9.71	11.65	15.65	19.58
K	max	2.2	2.6	3	3.44
	min	1.8	2.2	2.6	2.96
l 通用规格范围		10～26	12～30	16～30	20～30

注：1. 尽可能不采用括号内的规格。
2. 公称长度系列为：4～20（1 进级）、22～30（2 进级）

表 8-141　平锥头铆钉（GB/T 868—1986）　　（mm）



标记示例
公称直径 $d=12$mm、公称长度 $l=50$mm、材料为 ML2 钢、不经表面处理的平锥头铆钉的标记：
铆钉 GB/T 868—1986—12×50

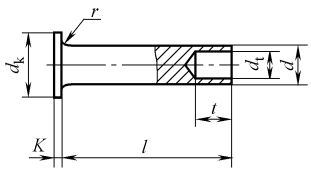
尺寸							
d	公称	2	2.5	3	(3.5)	4	5
	max	2.06	2.56	3.06	3.58	4.08	5.08
	min	1.94	2.44	2.94	3.42	3.92	4.92
d_k	max	3.84	4.74	5.64	6.59	7.49	9.29
	min	3.36	4.26	5.16	6.01	6.91	8.71
K	max	1.2	1.5	1.7	2	2.2	2.7
	min	0.8	1.1	1.3	1.6	1.8	2.3
l	商品规格范围	3～16	4～20	6～24	8～32	10～40	12～40
	通用规格范围	—	—	—	—	—	—

d	公称	6	8	10	12	(14)	16
	max	6.08	8.1	10.1	12.12	14.12	16.12
	min	5.92	7.9	9.9	11.88	13.88	15.88
d_k	max	11.15	14.75	18.35	20.42	24.42	28.42
	min	10.45	14.05	17.65	19.58	23.58	27.58
K	max	3.2	4.24	5.24	6.24	7.29	8.29
	min	2.8	3.76	4.76	5.76	6.71	7.71
l	商品规格范围	12～40	16～90	16～90	—	—	—
	通用规格范围	—	—	—	18～110		24～110

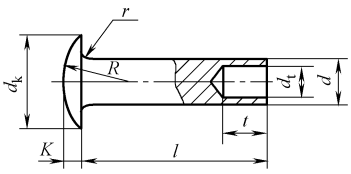
注：1. 尽可能不采用括号内的规格。
2. 公称长度系列为：3、3.5、4～20（1 进级）、22～52（2 进级）、55、58～62（2 进级）、65、68、70～100（5 进级）、110。

3. 扁平头、扁圆头半空心铆钉（见表 8-142）

表 8-142　扁平头（GB/T 875—1986）、扁圆头半空心铆钉（GB/T 873—1986）　（mm）



(GB/T 875 —1986)



(GB/T 873 —1986)

标记示例

公称直径 $d=5$mm、公称长度 $l=30$mm、材料为 ML2 钢、不经表面处理的扁平头半空心铆钉的标记：

铆钉 GB/T 875—1986—5×30

公称直径 $d=5$mm、公称长度 $l=30$mm、材料为 ML2 钢、不经表面处理的扁圆头半空心铆钉的标记：

铆钉 GB/T 873—1986—5×30

扁平头														
d		公称	(1.2)	1.4	(1.6)	2	2.5	3	(3.5)	4	5	6	8	10
		max	1.26	1.46	1.66	2.06	2.56	3.06	3.58	4.08	5.08	6.08	8.1	10.1
		min	1.14	1.34	1.54	1.94	2.44	2.94	3.42	3.92	4.92	5.92	7.9	9.9
d_k		max	2.6	3	3.44	4.24	5.24	6.24	7.29	8.29	10.29	12.35	16.35	20.42
		min	2.2	2.6	2.96	3.76	4.76	5.76	6.71	7.71	9.71	11.65	15.65	19.58
K		max	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.2	1.4	1.5	1.9	2.4	3.2	4.24
		min	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	1	1.1	1.5	2	2.8	3.76
d_t	黑色	max	0.66	0.77	0.87	1.12	1.62	2.12	2.32	2.62	3.66	4.66	6.16	7.7
		min	0.56	0.65	0.75	0.94	1.44	1.94	2.14	2.44	3.42	4.42	5.92	7.4
	有色	max	0.66	0.77	0.87	1.12	1.62	2.12	2.32	2.52	3.46	4.16	4.66	7.7
		min	0.56	0.65	0.75	0.94	1.44	1.94	2.14	2.34	3.22	3.92	4.42	7.4
t		max	1.44	1.64	1.84	2.24	2.74	3.24	3.79	4.29	5.29	6.29	8.35	10.35
		min	0.96	1.16	1.36	1.76	2.26	2.76	3.21	3.71	4.71	5.71	7.65	9.65
r		max	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
R		≈	1.7	1.9	2.2	2.9	4.3	5	5.7	6.8	8.7	9.3	12.2	14.5

扁圆头														
d		公称	(1.2)	1.4	(1.6)	2	2.5	3	(3.5)	4	5	6	8	10
		max	1.26	1.46	1.66	2.06	2.56	3.06	3.58	4.08	5.08	6.08	8.1	10.1
		min	1.14	1.34	1.54	1.94	2.44	2.94	3.42	3.92	4.92	5.92	7.9	9.9
d_k		max	2.4	2.7	3.2	3.74	4.74	5.74	6.79	7.79	9.79	11.85	15.85	19.42
		min	2	2.3	2.8	3.26	4.26	5.26	6.21	7.21	9.21	11.15	15.15	18.58
K		max	0.58	0.58	0.58	0.68	0.68	0.88	0.88	1.13	1.13	1.33	1.33	1.63
		min	0.42	0.42	0.42	0.52	0.52	0.72	0.72	0.87	0.87	1.07	1.07	1.37
d_t	黑色	max	0.66	0.77	0.87	1.12	1.62	2.12	2.32	2.62	3.66	4.66	6.16	7.7
		min	0.56	0.65	0.75	0.94	1.44	1.94	2.14	2.44	3.42	4.42	5.92	7.4
	有色	max	0.66	0.77	0.87	1.12	1.62	2.12	2.32	2.52	3.46	4.16	4.66	7.7
		min	0.56	0.65	0.75	0.94	1.44	1.94	2.14	2.34	3.22	3.92	4.42	7.4
t		max	1.44	1.64	1.84	2.24	2.74	3.24	3.79	4.29	5.29	6.29	8.35	10.35
		min	0.96	1.16	1.36	1.76	2.26	2.76	3.21	3.71	4.71	5.71	7.65	9.65
r		max	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

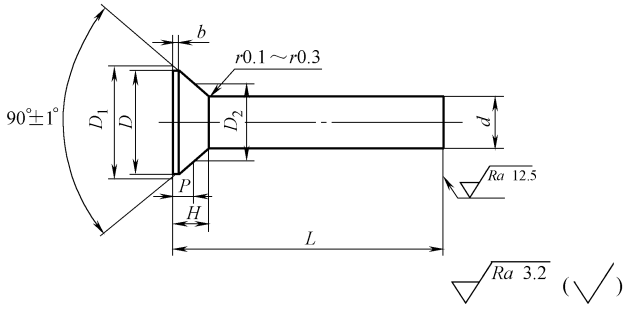
注：1. 尽可能不采用括号内的规格。

2. d_t 栏内“黑色”适用于由钢材制成的铆钉，“有色”适用于由铝或钢材制成的铆钉。

3. 公称长度系列为：1.5～4（0.5 进级）、5～20（1 进级）、22～50（2 进级）。

4. 90°沉头铆钉（见表 8-143）

表 8-143　90°沉头铆钉（HB 6304 ~ HB 6314—2002）　（mm）

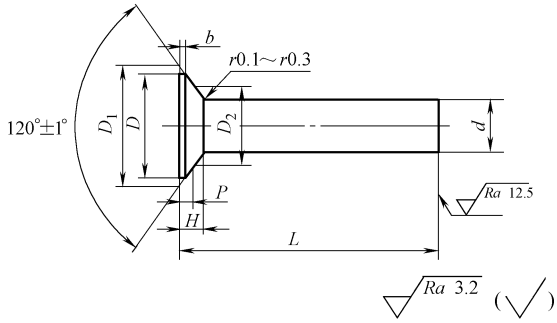


材料	限用直径	热处理	表面处理	标记示例：$d=3$，$L=6$ 时
1035	1 ~ 6	—	化学氧化	HB 6304-3 ×6
2A01	1.4 ~ 6	淬火及时效		HB 6305-3 ×6
2A10	2.5 ~ 10			HB 6306-3 ×6
5B05	2 ~ 8	退火		HB 6307-3 ×6
3A21	2 ~ 6	—	—	HB 6308-3 ×6
ML18	1 ~ 10	回火	镀锌钝化	HB 6309-3 ×6
ML20MnA	3 ~ 10	淬火后回火		HB 6310-3 ×6
(1Cr18Ni9Ti)	2 ~ 6	淬火	—	HB 6311-3 ×6
H62	1 ~ 4	退火	钝化	HB 6312-3 ×6
H62 防磁				HB 6313-3 ×6
T3				HB 6314-3 ×6

d	公称尺寸	1	1.4	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8	10
	极限偏差	$^{+0.10}_{0}$									$^{+0.15}_{0}$		
D_{min}		1.8	2.6	2.8	3.8	4.4	5.1	6.0	6.9	8.7	10.3	13.7	17.0
D_1（参考）		2.2	3.0	3.2	4.2	4.9	5.6	6.5	7.4	9.2	11.0	14.6	18.2
D_2		—			3.0	3.7	4.2	4.9	5.6	7.0	8.4	11.2	14.0
P	max	—			0.60	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10	1.30	1.70	2.10
	min	—			0.50	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20	1.60	2.00
H（参考）		0.6	0.8		1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.1	2.5	3.3	4.1
b（不大于）		0.2							0.4				

5. 120°沉头铆钉（见表 8-144）

表 8-144　120°沉头铆钉（HB 6315 ~ HB 6319—2002）　（mm）



（续）

材料	限用直径	热处理	表面处理	标记示例：$d=3$，$L=6$ 时
2A01	2.5～6	淬火及时效	化学氧化	HB 6315-3×6
2A10	2～8			HB 6316-3×6
5B05	2.5～4	退火		HB 6317-3×6
ML18	2～8	回火	镀锌钝化	HB 6318-3×6
（1Cr18Ni9Ti）	2～6	淬火	—	HB 6319-3×6

d	基本尺寸	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8
	极限偏差	$^{+0.10}_{0}$						$^{+0.15}_{0}$	
D_{min}		4.4	5.1	5.9	6.7	7.6	9.3	11.3	15.4
D_1（参考）		4.77	5.96	6.87	7.65	8.50	10.19	12.23	15.97
D_2		3.0	3.7	4.2	4.9	5.6	7.0	8.4	11.2
P	max	0.51	0.65	0.77	0.79	0.84	0.92	1.10	1.37
	min	0.41	0.55	0.67	0.69	0.74	0.82	1.00	1.27
H（参考）		0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.8	2.3
b（不大于）		0.2				0.4			

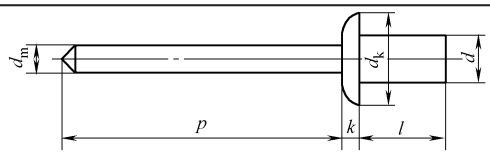
L	d							
	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8
	1000 件 2A10 制铆钉镦头的理论质量/kg							
	0.018	0.036	0.061	0.093	0.144	0.281	0.447	1.082

基本尺寸	极限偏差	1000 件 2A10 制铆钉的理论质量/kg							
3	±0.24	0.038	—	—	—	—	—	—	—
4		0.047	0.074	—	—	—	—	—	—
5		0.056	0.088	0.127	—	—	—	—	—
6		0.065	0.102	0.147	0.200	0.264	—	—	—
7	±0.29	0.074	0.116	0.167	0.227	0.299	—	—	—
8		0.083	0.130	0.187	0.254	0.334	0.531	—	—
9		0.092	0.144	0.207	0.281	0.369	0.586	—	—
10		0.101	0.158	0.227	0.308	0.404	0.641	0.954	—
11	±0.35	0.110	0.172	0.247	0.335	0.439	0.696	1.033	—
12		0.119	0.186	0.267	0.362	0.474	0.751	1.112	2.080
13		0.128	0.200	0.287	0.389	0.509	0.806	1.191	2.221
14		0.137	0.214	0.307	0.416	0.544	0.861	1.270	2.362
15		0.146	0.228	0.327	0.443	0.579	0.916	1.349	2.503
16		0.155	0.242	0.347	0.470	0.614	0.971	1.428	2.644
17		0.164	0.256	0.367	0.497	0.649	1.026	1.507	2.785
18		0.173	0.270	0.387	0.524	0.684	1.081	1.586	2.926
19	±0.42	—	0.284	0.407	0.551	0.719	1.136	1.665	3.067
20		—	0.298	0.427	0.578	0.754	1.191	1.744	3.208
22		—	—	0.467	0.632	0.824	1.301	1.902	3.489
24		—	—	0.507	0.686	0.894	1.411	2.060	3.770
26		—	—	—	0.740	0.964	1.521	2.218	4.051
28		—	—	—	0.794	1.034	1.631	2.376	4.332
30		—	—	—	—	1.104	1.741	2.534	4.613
32	±0.50	—	—	—	—	1.174	1.851	2.692	4.894
34		—	—	—	—	—	1.961	2.850	5.175
36		—	—	—	—	—	2.071	3.008	5.456
38		—	—	—	—	—	2.181	3.166	5.737
40		—	—	—	—	—	2.291	3.324	6.018

注：其他材料铆钉的质（重）量应将表中相同尺寸的数据乘以修正系数；2A01 为 0.986；5B05 为 0.946；钢为 2.804。

6. 抽芯及击芯铆钉（见表 8-145 ~ 表 8-149）

表 8-145　封闭型平圆头抽芯铆钉 11 级（GB/T 12615.1—2004）



标记示例

公称直径 $d=4$mm、公称长度 $l=12.5$mm、钉体由铝合金(AlA)制造、钉芯由钢(St)制造的、性能等级为 11 级的封闭型平圆头抽芯铆钉的标记：

抽芯铆钉 GB/T 12615.1—2004　4×12.5

尺寸

钉体	d/mm	公称	3.2	4	4.8	5①	6.4
		max	3.28	4.08	4.88	5.08	6.48
		min	3.05	3.85	4.65	4.85	6.25
	d_k/mm	max	6.7	8.4	10.1	10.5	13.4
		min	5.8	6.9	8.3	8.7	11.6
	k/mm	max	1.3	1.7	2	2.1	2.7
钉芯	d_m/mm	max	1.85	2.35	2.77	2.8	3.71
	p/mm	min	25		27		

铆钉长度 l/mm		推荐的铆接范围②			
公称 = min	max				
6.5	7.5	0.5 ~ 2.0			
8	9	2.0 ~ 3.5	0.5 ~ 3.5		
8.5	9.5	—	—	0.5 ~ 3.5	
9.5	10.5	3.5 ~ 5.0	3.5 ~ 5.0	3.5 ~ 5.0	
11	12	5.0 ~ 6.5	5.0 ~ 6.5	5.0 ~ 6.5	
12.5	13.5	6.5 ~ 8.0	6.5 ~ 8.0	—	1.5 ~ 6.5
13	14		—	6.5 ~ 8.0	—
14.5	15.5		8 ~ 10	8.0 ~ 9.5	—
15.5	16.5			—	6.5 ~ 9.5
16	17			9.5 ~ 11.0	—
18	19			11 ~ 13	—
21	22			13 ~ 16	—

铆钉孔直径

公称直径 d/mm	d_{h1}/mm	
	min	max
3.2	3.3	3.4
4	4.1	4.2
4.8	4.9	5.0
5	5.1	5.2
6.4	6.5	6.6

机械性能等级与材料组合③

性能等级	钉体材料			钉芯材料		
	种类	材料牌号	标准编号	种类	材料牌号	标准编号
11	铝合金	5056	GB/T 3190	钢	10、15、35、45	GB/T 699 GB/T 3206

（续）

力学性能			
公称直径 d/mm	剪切载荷/N min	拉力载荷/N min	钉芯断裂载荷/N max
3.2	1100	1450	3500
4	1600	2200	5000
4.8	2200	3100	7000
5	2420	3500	8000
6.4	3600④	4900④	10230

注：铆钉体的尺寸按 GB/T 12615.1 的附录 A 给出的计算公式求出。

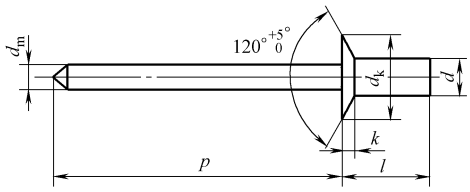
① ISO 15973 无此规格。

② 符合表中规定的尺寸和材料组合与性能等级的铆钉铆接范围，用最小和最大铆接长度表示。最小铆接长度仅为推荐值。某些使用场合可能使用更小的长度。

③ 按 GB/T 3098.19 规定。ISO 15973 未规定力学性能等级与材料牌号。

④ 按 GB/T 3098.19 规定，数据待生产验证（含选用材料牌号）。

表 8-146　封闭型沉头抽芯铆钉 11 级（GB/T 12616.1—2004）



标记示例

公称直径 $d=4$mm、公称长度 $l=12.5$mm、钉体由铝合金（AlA）制造、钉芯由钢（St）制造的、性能等级为 11 级的封闭型沉头抽芯铆钉的标记：

抽芯铆钉 GB/T 12616.1—2004　4×12.5

尺寸							
钉体	d/mm	公称	3.2	4	4.8	5①	6.4①
		max	3.28	4.08	4.88	5.08	6.48
		min	3.05	3.85	4.65	4.85	6.25
	d_k/mm	max	6.7	8.4	10.1	10.5	13.4
		min	5.8	6.9	8.3	8.7	11.6
	k/mm	max	1.3	1.7	2	2.1	2.7
钉芯	d_m/mm	max	1.85	2.35	2.77	2.8	3.75
	p/mm	min	25		27		

铆钉长度 l/mm		推荐的铆接范围②			
公称 = min	max				
8	9	2.0～3.5	2.0～3.5		
8.5	9.5	—	—	2.5～3.5	
9.5	10.5	3.5～5.0	3.5～5.0	3.5～5.0	
11	12	5.0～6.5	5.0～6.5	5.0～6.5	
12.5	13.5	6.5～8.0	6.5～8.0	—	1.5～6.5
13	14		—	6.5～8.0	—
14.5	15.5		8.0～10.0	8.0～9.5	—
15.5	16.5			—	6.5～9.5
16	17			9.5～11.0	—
18	19			11.0～13.0	—
21	22			13.0～16.0	—

（续）

铆钉孔直径		
公称直径 d/mm	d_{h1}/mm	
	min	max
3.2	3.3	3.4
4	4.1	4.2
4.8	4.9	5.0
5	5.1	5.2
6.4	6.5	6.6

力学性能等级与材料组合③						
性能等级	钉体材料			钉芯材料		
	种类	材料牌号	标准编号	种类	材料牌号	标准编号
11	铝合金	5056	GB/T 3190	钢	10、15、35、45	GB/T 699 GB/T 3206

力学性能			
公称直径 d/mm	剪切载荷/N min	拉力载荷/N min	钉芯断裂载荷/N max
3.2	1100	1450	3500
4	1600	2200	5000
4.8	2200	3100	7000
5	2420	3500	8000
6.4	3600④	4900④	10230

注：铆钉体的尺寸按 GB/T 12616.1 的附录 A 给出的计算公式求出。

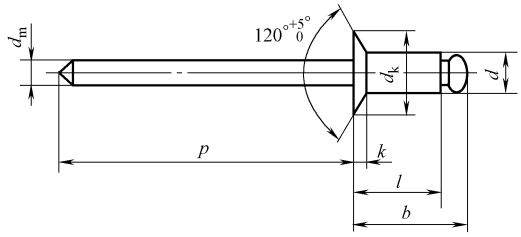
① ISO 15974 无此规格。

② 符合表中规定的尺寸及材料组合与性能等级的铆钉铆接范围，用最小和最大铆接长度表示。最小铆接长度仅为推荐值。某些使用场合可能使用更小的长度。

③ 按 GB/T 3098.19 规定。ISO 15974 未规定力学性能等级与材料牌号。

④ 按 GB/T 3098.19 规定，数据待生产验证（含选用材料牌号）。

表 8-147　开口型沉头抽芯铆钉 10、11 级（GB/T 12617.1—2006）



标记示例

公称直径 $d=4$mm、公称长度 $l=12$mm、钉体由铝合金（AlA）制造、钉芯由钢（St）制造的、性能等级为 10 级的开口型沉头抽芯铆钉的标记：

抽芯铆钉 GB/T 12617.1—2006　4×12

尺寸								
钉体	d/mm	公称	2.4	3	3.2	4	4.8	5
		max	2.48	3.08	3.28	4.08	4.88	5.08
		min	2.25	2.85	3.05	3.85	4.65	4.85
	d_k/mm	max	5.0	6.3	6.7	8.4	10.1	10.5
		min	4.2	5.4	5.8	6.9	8.3	8.7
	k/mm	max	1	1.3	1.3	1.7	2	2.1
钉芯	d_m/mm	max	1.55	2	2	2.45	2.95	2.95
	p/mm	min	25			27		
盲区长度	b/mm	max	$l_{max}+3.5$	$l_{max}+3.5$	$l_{max}+4$	$l_{max}+4$	$l_{max}+4.5$	$l_{max}+4.5$

（续）

铆钉长度 l①		推荐的铆接范围②			
公称 = min	max				
4	5	1.5～2.0	—	—	—
6	7	2.0～4.0	2.0～3.5	—	—
8	9	4.0～6.0	3.5～5.0	2.0～5.0	2.5～4.0
10	11	6.0～8.0	5.0～7.0	5.0～6.5	4.0～6.0
12	13	8.0～9.5	7.0～9.0	6.5～8.5	6.0～8.0
16	17	—	9.0～13.0	8.5～12.5	8.0～12.0
20	21	—	13.0～17.0	12.5～16.5	12.0～15.0
25	26	—	17.0～22.0	16.5～21.5	15.0～20.0
30	31	—	—	—	20.0～25.0

铆钉孔直径

公称直径 d/mm	d_{h1}/mm	
	min	max
2.4	2.5	2.6
3	3.1	3.2
3.2	3.3	3.4
4	4.1	4.2
4.8	4.9	5.0
5	5.1	5.2

力学性能等级与材料组合③

性能等级	钉体材料			钉芯材料		
	种类	材料牌号	标准编号	种类	材料牌号	标准编号
10	铝合金	5052、5A02	GB/T 3190	钢	10、15、35、45	GB/T 699 GB/T 3206
11		5056、5A05				

剪切载荷、拉力载荷与钉芯断裂载荷④

公称直径 d/mm	10 级		11 级		钉芯断裂载荷/N max
	剪切载荷/N min	拉力载荷/N min	剪切载荷/N min	拉力载荷/N min	
2.4	250	350	350	550	2000
3	400	550	550	850	3000
3.2	500	700	750	1100	3500
4	850	1200	1250	1800	5000
4.8	1200	1700	1850	2600	6500
5	1400	2000	2150	3100	6500

注：铆钉体的尺寸按 GB/T 12617.1 的附录 A 给出的计算公式求出。

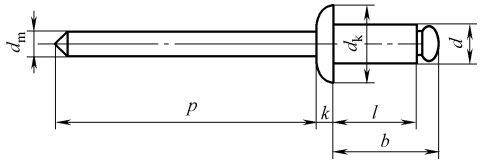
① 公称长度大于 30mm 时，应按 5mm 递增。为确认其可行性以及铆接范围可向制造者咨询。

② 符合表中规定的尺寸及材料组合与性能等级的铆钉铆接范围，用最小和最大铆接长度表示。最小铆接长度仅为推荐值。某些使用场合可能使用更小的长度。

③ 按 GB/T 3098.19 规定。ISO 15978 未规定力学性能等级与材料牌号。

④ 按 GB/T 3098.19 规定。ISO 15978 未规定力学性能等级。

表 8-148　开口型平圆头抽芯铆钉 10、11 级（GB/T 12618.1—2006）



标记示例

公称直径 d = 4mm、公称长度 l = 12mm、钉体由铝合金（AlA）制造、钉芯由钢（St）制造的、性能等级为 10 级的开口型平圆头抽芯铆钉的标记：

抽芯铆钉 GB/T 12618.1　4×12

（续）

尺寸

钉体	d/mm	公称	2.4	3	3.2	4	4.8	5	6	6.4
		max	2.48	3.08	3.28	4.08	4.88	5.08	6.08	6.48
		min	2.25	2.85	3.05	3.85	4.65	4.85	5.85	6.25
	d_k/mm	max	5.0	6.3	6.7	8.4	10.1	10.5	12.6	13.4
		min	4.2	5.4	5.8	6.9	8.3	8.7	10.8	11.6
	k/mm	max	1	1.3	1.3	1.7	2	2.1	2.5	2.7
钉芯	d_m/mm	max	1.55	2	2	2.45	2.95	2.95	3.4	3.9
	p/mm	min	25			27				
盲区长度	b/mm	max	l_{max} +3.5	l_{max} +3.5	l_{max} +4	l_{max} +4	l_{max} +4.5	l_{max} +4.5	l_{max} +5	l_{max} +5.5

铆钉长度 l①		推荐的铆接范围②					
公称 = min	max						
4	5	0.5 ~ 2.0	0.5 ~ 1.5	—	—	—	—
6	7	2.0 ~ 4.0	1.5 ~ 3.5	1.0 ~ 3.0	1.5 ~ 2.5	—	—
8	9	4.0 ~ 6.0	3.5 ~ 5.0	3.0 ~ 5.0	2.5 ~ 4.0	2.0 ~ 3.0	—
10	11	6.0 ~ 8.0	5.0 ~ 7.0	5.0 ~ 6.5	4.0 ~ 6.0	3.0 ~ 5.0	—
12	13	8.0 ~ 9.5	7.0 ~ 9.0	6.5 ~ 8.5	6.0 ~ 8.0	5.0 ~ 7.0	3.0 ~ 6.0
16	17	—	9.0 ~ 13.0	8.5 ~ 12.5	8.0 ~ 12.0	7.0 ~ 11.0	6.0 ~ 10.0
20	21	—	13.0 ~ 17.0	12.5 ~ 16.5	12.0 ~ 15.0	11.0 ~ 15.0	10.0 ~ 14.0
25	26	—	17.0 ~ 22.0	16.5 ~ 21.0	15.0 ~ 20.0	15.0 ~ 20.0	14.0 ~ 18.0
30	31	—	—	—	20.0 ~ 25.0	20.0 ~ 25.0	18.0 ~ 23.0

铆钉孔直径

公称直径 d/mm	d_{h1}/mm min	d_{h1}/mm max
2.4	2.5	2.6
3	3.1	3.2
3.2	3.3	3.4
4	4.1	4.2
4.8	4.9	5.0
5	5.1	5.2
6	6.1	6.2
6.4	6.5	6.6

力学性能等级与材料组合③

性能等级	钉体材料			钉芯材料		
	种类	材料牌号	标准编号	种类	材料牌号	标准编号
10	铝合金	5052 5A02	GB/T 3190	钢	10、15、35、45	GB/T 699 GB/T 3206
11		5056 5A05				

剪切载荷、拉力载荷与钉芯断裂载荷

公称直径 d/mm	10 级		11 级		钉芯断裂载荷/N max
	剪切载荷/N min	拉力载荷/N min	剪切载荷/N min	拉力载荷/N min	
2.4	250	350	350	550	2000
3	400	550	550	850	3000
3.2	500	700	750	1100	3500
4	850	1200	1250	1800	5000
4.8	1200	1700	1850	2600	6500
5	1400	2000	2150	3100	6500
6	2100	3000	3200	4600	9000
6.4	2200	3150	3400	4850	11000

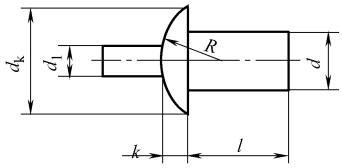
注：铆钉体的尺寸按 GB/T 12618.1 的附录 A 给出的计算公式求出。

① 公称长度大于 30mm 时，应按 5mm 递增。为确认其可行性以及铆接范围可向制造者咨询。

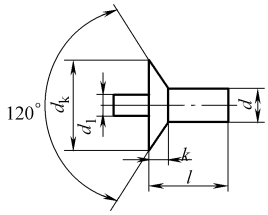
② 符合 GB/T 12618.1 中表 1 尺寸和第 4 章规定的材料组合与性能等级的铆钉铆接范围，用最小和最大铆接长度表示。最小铆接长度仅为推荐值。某些使用场合可能使用更小的长度。

③ 按 GB/T 3098.19 规定。ISO 15977 未规定力学性能等级与材料牌号。

表 8-149　击芯铆钉尺寸规格（GB/T 15855—1995）



扁圆头(GB/T 15855.1)



沉头(GB/T 15855.2)

标记示例

直径 $d=5$mm、公称长度 $l=10$mm、扁圆头击芯铆钉的标记：

铆钉 GB/T 15855.1　5×10

直径 $d=5$mm、公称长度 $l=10$mm、沉头击芯铆钉的标记：

铆钉 GB/T 15855.2　5×10

尺寸						
d/mm	公称	3	4	5	(6)	6.4
	max	2.94	3.92	4.92	5.92	6.32
	min	3.06	4.08	5.08	6.08	6.48
d_k/mm	max	6.24	8.29	9.89	12.35	13.29
	min	5.76	7.71	9.31	11.65	12.71
K		1.4	1.7	2	2.4	3
d_1(参考)		1.8	2.18	2.8	3.6	3.8
R ≈		5	6.8	8.7	9.3	9.3
l 通用规格范围		6～15	6～20	8～32	8～45	

材料					
钉体材料			钉芯材料		
种类	牌号	标准编号	种类	牌号	标准编号
铝合金	5056	GB 3190	低碳、中碳结构钢丝	由制造者选择	GB 699 GB 3206
铝合金	5056	GB 3190	不锈钢	2Cr13	GB 1220
低碳钢	08F、10、15	GB 699	低碳、中碳结构钢丝	由制造者选择	GB 699 GB 3206

$l_{公称}$/mm	推荐的铆接厚度				
	d/mm				
	3	4	5	6	6.4
6	2.5～3	1.5～2.5			
7	3.5～4	2.5～3.5			
8	4.5～5	3.5～4.5	3～4.5	3～4.5	
9	5.5～6	4.5～5.5	4～5.5	4～5.5	
10	6.5～7	5.5～6.5	5～6.5	5～6.5	
(11)	7.5～8	6.5～7.5	6～7.5	6～7.5	
12	8.5～9	7.5～8.5	7～8.5	7～8.5	
(13)	9.5～10	8.5～9.5	8～9.5	8～9.5	
14	10.5～11	9.5～10.5	9～10.5	9～10.5	
(15)	11.5～12	10.5～11.5	10～11.5	10～11.5	
16		11.5～12.5	11～12.5	11～12.5	
(17)		12.5～13.5	12～13.5	12～13.5	
18		13.5～14.5	13～14.5	13～14.5	
(19)		14.5～15.5	14～15.5	14～15.5	
20		15.5～16.5	15～16.5	15～16.5	
(21)			16～17.5	16～17.5	
22			17～18.5	17～18.5	
(23)			18～19.5	18～19.5	
24			19～20.5	19～20.5	
(25)			20～21.5	20～21.5	

（续）

$l_{公称}$/mm	推荐的铆接厚度				
	d/mm				
	3	4	5	6	6.4
26				21 ~ 22.5	
(27)				22 ~ 23.5	
28				23 ~ 24.5	
(29)				24 ~ 25.5	
30				25 ~ 26.5	
(31)				26 ~ 27.5	
32				27 ~ 28.5	
(33)				28 ~ 29.5	
34				29 ~ 30.5	
(35)				30 ~ 31.5	
36				31 ~ 32.5	
(37)				32 ~ 33.5	
38				33 ~ 34.5	
(39)				34 ~ 35.5	
40				35 ~ 36.5	
(41)				36 ~ 37.5	
42				37 ~ 38.5	
(43)				38 ~ 39.5	
44				39 ~ 40.5	
(45)				40 ~ 41.5	

注：1. 尽可能不采用括号内的规格。
2. 公称长度系列为：6 ~ 45mm（1mm 进级）。

8.6　胶接

8.6.1　基本设计计算方法

胶接是利用胶粘剂在一定条件下把预制的元件连接在一起，并具有一定的连接强度的不可拆连接。具有应力分布连续、重量轻、密封等特点。胶接特别适用于不同材质、不同厚度、超薄规格和复杂构件的连接。胶接在近代发展最快，应用行业极广，并对高新技术进步和人民日常生活改善产生重大影响。

8.6.1.1　胶接的特点与应用

在机械制造中采用胶接的金属构件，还是近三十年来发展的一门新兴工艺。

胶接剂的品种很多，基本组合成分为：环氧树脂、环氧树脂-酚醛树脂、酚醛树脂、聚酰胺-环氧树脂、丙烯酸酯树脂、聚酰亚胺等。

与铆接、焊接比较，胶接有许多显著优点：

1）适用范围广，能连接同类或不同类的、软的或硬的、脆性的或韧性的、有机的或无机的各种材料，特别是异种材料连接，如金属与玻璃、陶瓷、橡胶、塑料等连接；

2）胶接能够减轻重量：有资料报道，一架重型轰炸机用胶接代替铆接，大量采用薄壁结构，重量下降了 34%；

3）胶接要求的工艺、设备简单，操作方便；

4）胶接件表面光滑，密封性好，且防腐蚀；

5）胶接可获得某些特殊性能，如绝缘、绝热、导热、导磁、抗振、填充发泡等性能；

6）胶层有缓冲减振作用；

7）可起到密封作用；

8）不会改变母体的材料组织，干燥时没有翘曲和变形；

9）受力分布均匀，抗疲劳性能好，蠕变性能好；

10）密封性比铆接可靠；

11）工作温度范围较大；

12）满足防锈、绝缘、透明等特殊要求。

由于胶接具有许多优点，所以在许多领域，胶接已逐渐替代焊接、铆接及螺栓连接。但胶接还存在一些不足，例如：

1）粘接强度与高强度被连接件材料强度相比，强度还不够高，有的胶粘剂胶接工艺较为复杂；

2）胶接件的缺陷无完善可靠的无损检验方法；

3）胶粘剂的抗高温、低温能力有限，在光、热、空气作用下会老化等。因此可靠程度和稳定性受环境因素的影响较大。

由于以上缺点，所以胶接应用受到一定的限制。实践证明，机械连接与金属胶粘剂组合使用，如胶—铆、胶—焊、胶—螺纹等的连接，能显著提高抗疲劳性能。

8.6.1.2 常用胶粘剂简介

1. 常用胶粘剂分类

胶粘剂的分类方法很多，按受力情况分为结构用、非结构用或特种胶；按应用方法可分为热固型、热熔型、室温固化型、压敏型等；接形态可分为水溶型、水乳型、溶剂型以及各种固态型等。还可按胶粘剂按化学成分来分类（见表8-150）。

表8-150 胶粘剂分类（按主体化学成分）

<table>
<tr><td colspan="2">无机胶粘剂</td><td colspan="3">硅酸盐、磷酸盐（如磷酸-氧化铜）、氧化铅、硫黄、氧化铜-磷酸、水玻璃、水泥、SiO_2-Na_2O-B_2O_3 无机-有机聚合物、陶瓷（氧化锆、氧化铝）、低熔点金属（如锡、铅等）</td></tr>
<tr><td rowspan="7">有机胶粘剂</td><td rowspan="3">天然胶粘剂</td><td colspan="2">动物胶</td><td>皮胶、骨胶、虫胶、酪素胶、血蛋白胶、鱼胶等</td></tr>
<tr><td colspan="2">植物胶</td><td>淀粉、糊精、松香、阿拉伯树胶、天然树脂胶（如松香、木质素、单宁）、天然橡胶等</td></tr>
<tr><td colspan="2">矿物胶</td><td>矿物蜡、沥青等</td></tr>
<tr><td rowspan="4">合成胶粘剂</td><td rowspan="2">合成树脂型</td><td>热塑型</td><td>纤维素酯、烯类聚合物（如聚醋酸乙烯酯、聚乙烯醇、过氯乙烯、聚异丁烯等）、聚氨酯、聚醚、聚酰胺、聚丙烯酸酯、α-氰基丙烯酸酯、聚乙烯醇缩醛、乙烯-醋酸乙烯共聚物等</td></tr>
<tr><td>热固型</td><td>环氧树脂、酚醛树脂、脲醛树脂、三聚氰胺-甲醛树脂、有机硅树脂、呋喃树脂、不饱和聚酯、丙烯酸树脂、聚酰亚胺、聚苯并咪唑、酚醛-聚乙烯醇缩醛、酚醛-聚酰胺、酚醛-环氧树脂、环氧-聚酰胺等</td></tr>
<tr><td colspan="2">合成橡胶型</td><td>氯丁橡胶、丁苯橡胶、丁基橡胶、丁腈橡胶、异戊橡胶、聚硫橡胶、聚氨酯橡胶、氯磺化聚乙烯弹性体、硅橡胶、羧基橡胶等</td></tr>
<tr><td colspan="2">复合型</td><td>酚醛-丁腈胶、酚醛-氯丁胶、酚醛-聚氨酯胶、环氧-丁腈胶、环氧-聚硫胶等</td></tr>
</table>

机械设计者常按受力情况分，即结构用胶粘剂和非结构用胶粘剂。

（1）结构用胶粘剂

结构用胶粘剂适于在承受较大载荷的条件下使用，如在钢制基板上粘接制动器衬片，蜂窝结构用的胶粘剂等。这类胶能够经受温度的变化和化学介质的作用，而不降低其性能，最常用的是热固型树脂类，如：酚醛树脂、环氧树脂、聚酰亚胺、双马来酰亚胺树脂和有机硅

树脂等。

（2）非结构用胶粘剂

非结构用胶粘剂不能承受过大的载荷，主要作为某些部件的定位之用，如产品标牌的粘贴、垫片的固定等。常用的有乙烯基树脂、丙烯酸酯树脂、橡胶胶粘剂等。

一般来讲，定型的胶粘剂，特别是结构用胶都是两种以上组分的混合物，以一种基本组分为主体，以其他组分调整胶粘剂的性质。如在热固型树脂中加入适量的热塑型树脂，以降低其脆性；加入金属粉末和其他填料，可以显著改善胶粘接头的物理和力学性能，如弹性模量、抗冲击性、耐热性等。

2. 胶粘失效及其强度计算要点

胶接有四种不同的失效形式：①界面破坏：胶粘剂层全部与被粘体表面分开（胶粘界面完整脱离）；②内聚力破坏：破坏发生在胶粘剂或被粘体本身，而不在胶粘界面间；③混合破坏：被粘物和胶粘剂层本身都有部分破坏或这两者中只有其一。这些失效说明粘接强度不仅与被粘物之间作用力有关，也与聚合物粘料的分子之间的作用力有关。高聚物分子的化学结构以及聚集态都会显著影响胶接强度。

胶粘接头的计算仍可借用材料力学的分析方法和计算公式，接头的剪切强度可取为：胶粘剂在室温下固化的约 7 ~ 20MPa；在高温下固化的约 20 ~ 35MPa（低值用于单面搭接和表面未经仔细处理的接头，高值用于双面搭接表面又经仔细处理的接头）；脉动抗剪强度 $\tau_0 \approx 0.3\tau_B$，安全系数可按使用情况不同取 2 ~ 3。

金属胶接如果与其他连接方法共同使用，能显著提高连接强度，特别是抗疲劳强度，例如受剪铆钉或螺栓的接头可先用胶胶接，板件可先胶接后再焊接等。

3. 胶接接头的主要形式

胶接接头的基本形式按被胶接构件间的相对位置可分为对接、搭接和 T 形（正交），其典型结构如图 8-41 所示，图 a 为对接胶接缝，一般承受拉应力；图 b 为搭接胶粘缝，主要承受切应力；图 c 为 T 形接头，一般承受弯曲应力及拉应力。各种胶接接头其选用与被粘件的结构形式及载荷情况有关。

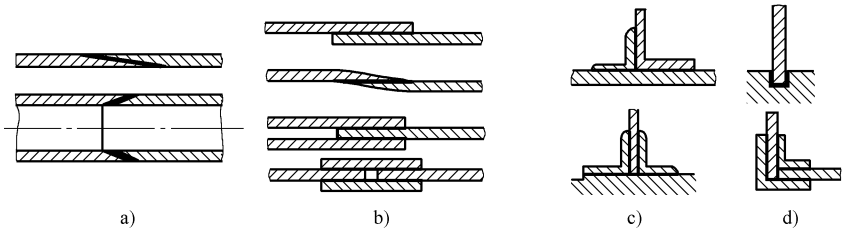


图 8-41　胶接接头的三种形式

8. 6. 1. 3　胶接的结构设计要点

1）根据工作要求正确选择胶粘剂。

2）根据被连接件的尺寸等合理选择接头的形式。

3）恰当地选择工艺参数。

4）尽量使胶接缝受剪或拉伸，避免受剥离载荷。

5）从结构方面采取措施防止剥离。

6）尽量减小胶接缝处的应力集中。

7）较大的冲击、振动场合下，在胶接面间应当增加缓冲减振材料。

8.6.1.4　胶接的结构设计实例

实例 1　设计胶粘接头应尽量使胶层受剪或受压。因为受拉易于发生扯开或剥离破坏，如图 8-42 所示。必要时应采用的保护措施如图 8-43 所示。

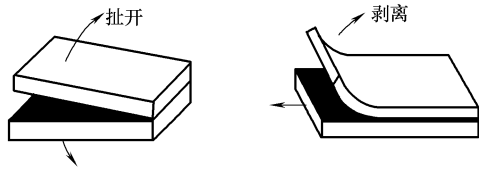


图 8-42　胶层应避免的受力

实例 2　设计胶粘接头应使胶层应力分布均匀：以搭接接头为例，搭接长度越长，应力分布越不均匀，两侧最大切应力 τ_{max} 与平均应力 τ_m 之比（τ_{max}/τ_m）越大，如图 8-44a 所示。设计时可取搭接长度 $l \leqslant (10 \sim 15)\ \delta$，$\delta$ 为板厚。应采用斜口接头，这样可改善应力分布，如图 8-44b 所示。

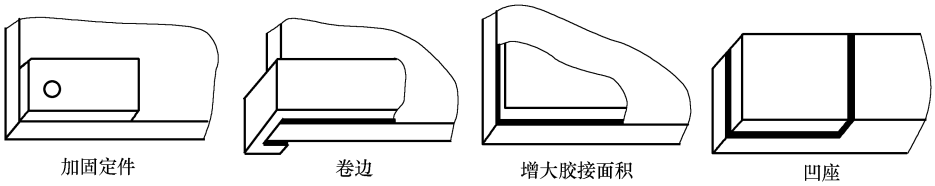


图 8-43　胶层保护措施

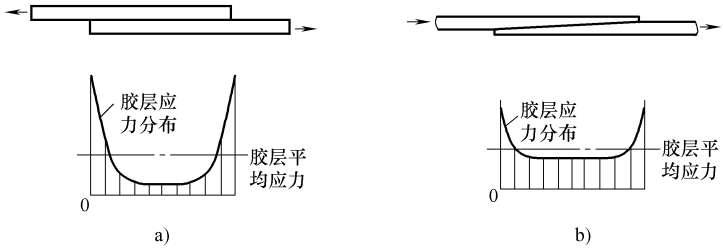


图 8-44　胶层分布不均及改善

实例 3　设计胶粘接头应使胶接面积足够大：如图 8-45a 所示的两个断裂的零件进行简单涂胶粘接的方法进行粘接，因为粘接面积太小很难满足强度要求。如果设计成图 8-45b 所示的结构，将断口处加工成相配的轴与孔，再粘接起来，就增加了粘接强度；如果设计成图 8-45c 所示的结构，即把轴的断口加工得细一点，外面加一层套连接，是更好的方法。

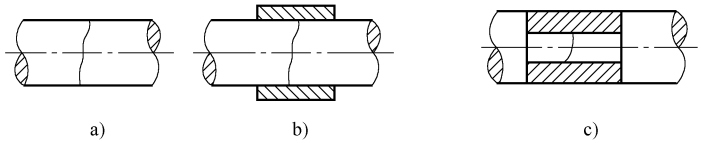


图 8-45　胶接面积不足及改进措施

实例 4　设计胶粘接头时应减小粘接接头的受力：如图 8-46a 所示的两个物体进行粘接的结构，粘接面受剪切力，容易松开。如果改善接头结构，改成如图 8-46b 所示的结构，使载荷由钢板承受，则可以减小粘接接头的受力，结构合理。

实例 5　T 形胶粘接头应采用双面胶接：如图 8-47a 所示为单面 T 形胶粘接头的结构设计，其结构不太好，因为这种接头在受到拉伸和弯曲载荷时，容易使胶接缝发生撕裂，如图 8-47b 所示的撕扯情况。在这种情况下，载荷集中作用在很小的面积上，最容易失效，设计时应尽量避免。如改用图 8-47c 所示的结构形式，即双面 T 形接头，增加了胶粘接头的强度，应该采用这种结构形式。

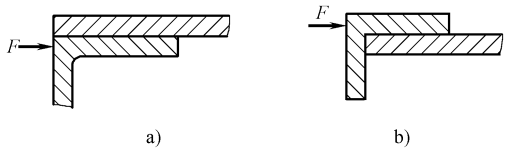


图 8-46　胶粘接头受力不合理及改进措施

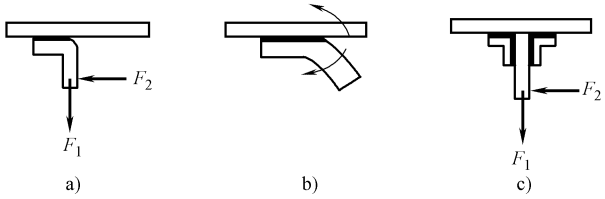


图 8-47　T 形胶接接头结构不合理及改进措施

8.6.2　设计标准及规范

8.6.2.1　几种常用胶粘剂的性能（见表 8-151）

表 8-151　常用胶粘剂的性能

胶粘剂	物理性能				适用被胶件材料						胶接强度	
	耐水性	耐高温	耐低温	耐溶剂性	金属	塑料	橡胶	皮革	木材	陶瓷	抗张/剪切	剥离/冲击
环氧树脂	AB	A	B	A	A	A	B	B	A	A	A	B
酚醛树脂	A	A	A	A	B	C	C	B	A	B	A	A
聚氨酯	AB	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
丙烯酸酯树脂	B	B	B	B	B	AB	B	A	B	B	A	B
氰基丙烯酸酯	C	BC	B	B	A	A	A	A	A	A	A	BC
聚醋酸乙烯酯	B	C	C	C	B	B	B	B	A	B	B	—
聚酰胺	B	—	B	B	C	C	C	C	B	B	—	—
氯丁橡胶	B	B	B	B	A	B	B	A	B	C	B	A

注：1. A—优；B—良；C——一般；AB—优良之间；BC—良和一般之间。
　　2. 表中所列的胶粘剂，抗霉菌性皆优。

8.6.2.2　几种常用胶粘剂胶层剪切强度比较（见图 8-48）

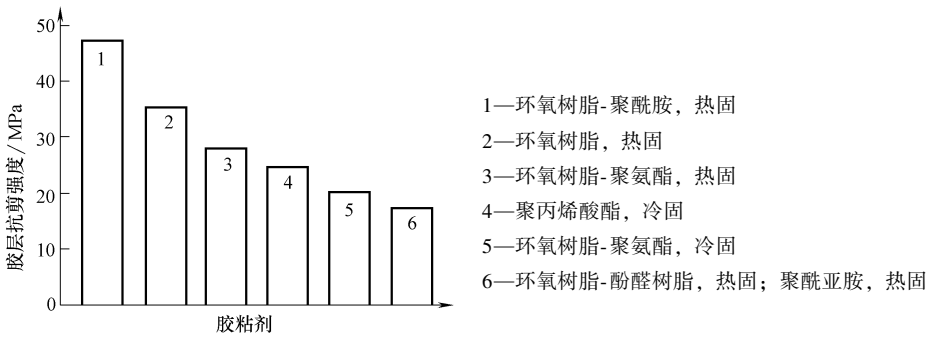


图 8-48　几种常用胶粘剂剪切强度比较

8.7 过盈连接

8.7.1 基本设计计算方法

8.7.1.1 过盈连接的原理及特点

过盈连接是利用过盈量 δ 使包容件（一般是轮毂）和被包容件（一般是轴）形成一体的一种固定连接的方式，它的主要应用场合为轴毂连接。

1. 过盈连接的原理

过盈连接是利用包容件与被包容件的径向变形使配合面间产生很大压力，从而靠摩擦力来传递载荷。

两个被连接件的径向变形是靠包容件和被包容件本身的过盈配合来实现的。其配合表面通常为圆柱面，也可为圆锥面。这种连接能传递载荷的原因在于零件具有弹性和连接具有装配过盈。工作时，装配后包容件和被包容件的径向变形使配合面间产生了很大的径向压力，靠径向压力所产生的摩擦力来传递载荷。载荷可以是轴向力、转矩或两者的组合，有时也可以是弯矩，例如曲柄和轴的连接，连接的摩擦力或力矩也称为固持力。

2. 过盈连接的特点

优点：构造简单，定心性好，承载能力高，抗振性好。

缺点：装配困难，对配合尺寸精度要求较高。

3. 过盈连接的类型

过盈连接的类型可分为无辅助件和有辅助件两种，无辅助件较为常用，例如：轴与轮毂连接、轮圈与轮芯的连接及滚动轴承与轴及座孔的连接等。

8.7.1.2 过盈连接的装配方法

工程上过盈连接的装配常常用以下三种方法：

（1）压入法

利用压力机将被包容件压入包容件中，由于压入过程中表面微观不平度的峰尖被擦伤或压平，因而降低了连接的紧固性，但是此法工艺简单，适用于过盈量或尺寸较小的场合。

（2）温差法

温差法也称胀缩法，通过加热包容件或冷却被包容件，使之既便于装配，又可减少或避免损伤配合表面，在常温下即可实现牢固的连接。这种装配方法不易擦伤配合表面，连接固持力大，连接牢固，承载能力高，用于连接质量要求高的场合。但是此法较压入法复杂，可重复装拆，适用于过盈量或尺寸较大的场合。冷却法尤其适用于经热处理或涂覆过的表面。

采用的加热方法一般有以下两种：电加热或油加热。冷却方法通常有：液态空气（沸点 −194℃）或固态二氧化碳（沸点 −79℃）。

（3）液压法

将高压油压入配合表面，使包容件胀大、被包容件缩小，同时施以不大的轴向力，两者相对移动到预定位置，然后排出高压油即可得过盈连接，但是对配合面的接触精度要求较高，需要高压液压泵等专用设备。液压法主要用于圆锥面的过盈配合。

过盈连接一般不可拆，但过盈量不大时，经适当的方法也可拆开。但是经过多次拆装

后，配合面会受到严重损伤。

8.7.1.3　过盈连接的设计计算

过盈连接在装配后，由于包容件与被包容件的径向变形，使配合面间产生很大压力。工作时就依靠配合面间的摩擦力来传递载荷。过盈量越大，连接的强度也越大，所能传递的载荷就越大。

过盈连接主要用来传递转矩或承受轴向力，或者同时兼有以上两种作用。

为了保证过盈连接的工作能力，强度计算包括两方面内容：一方面是在已知载荷的情况下，计算配合面间所需的压力和产生这个压力所需的最小过盈量，也就是连接的强度计算；另一方面，是在选定的标准过盈配合下，校核连接的各个零件在最大过盈量时的强度，也就是连接件本身的强度计算。

1. 配合面所需的径向压力

过盈连接在保证外载荷作用下零件之间不发生相对滑动的最小径向压力为

$$p \geqslant \frac{\sqrt{F^2 + \left(\frac{2T}{d}\right)^2}}{\pi d l \mu}$$

式中　p——配合面所需的径向压力（MPa）；

F——需要传递的轴向力（N）；

T——需要传递的转矩（N · mm）；

d——配合面的公称直径（mm）；

l——配合面的长度（mm）；

μ——配合面间的摩擦因数。

2. 所需的最小有效过盈量

（1）温差法（即胀缩法）

在已知径向压力时，采用温差法（即胀缩法）过盈连接所需的过盈量为

$$\Delta_{\min} = pd\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) \times 10^3$$

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1 \qquad C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} - \mu_2$$

式中　$\Delta_{\min}$——所需的最小过盈量（μm）；

E_1——被包容件材料的弹性模量（MPa）；

E_2——包容件材料的弹性模量（MPa）；

μ_1——被包容件材料的泊松比；

μ_2——包容件材料的泊松比；

C_1——被包容件的刚性系数；

C_2——包容件的刚性系数；

d_1、d_2——被包容件的内径和包容件的外径（mm）；

d——配合的公称直径（mm）。

（2）压入法

采用压入法装配时，为保证固持力，设计的过盈量应增加到：

$$\delta_{\min}=\Delta_{\min}+2\times1.6(Ra_1+Ra_2)$$

式中 $\delta_{\min}$——为压入法装配时所需的最小过盈量（μm）；

Ra_1 和 Ra_2——被包容件和包容件表面粗糙度（μm）。

根据所选的标准过盈配合种类，可以查出或算出最大过盈量 $\delta_{\max}$（μm），因此能够求出最大径向压力 $p_{\max}$（MPa）为

$$p_{\max}=\frac{\delta_{\max}}{d\left(\frac{C_1}{E_1}+\frac{C_2}{E_2}\right)\times10^3}$$

上式求出的最大径向压力 $p_{\max}$，没有计入离心力的影响，并且只适用于弹性变形范围，不适用于塑性变形范围。

3. 强度计算

以上的计算能够保证连接的强度，连接件本身的强度应按厚壁圆筒强度的计算方法进行校核计算。

（1）脆性材料

如果包容件或被包容件是脆性材料，则主要失效形式是包容件或被包容件内表层断裂，根据第一强度理论可得强度校核公式为

对被包容件：
$$p_{\max}\leqslant\frac{d^2-d_1^2}{2d^2}\times\frac{R_{mc}}{2\sim3}$$

对包容件：
$$p_{\max}\leqslant\frac{d_2^2-d^2}{d_2^2+d^2}\times\frac{R_m}{2\sim3}$$

式中 R_{mc}——被包容件材料的抗压强度（MPa）；

R_m——包容件的材料的抗拉强度（MPa）。

（2）塑性材料

如果包容件或被包容件是塑性材料，则主要失效形式是发生塑性变形，应按第三强度理论检验其承受最大应力的表层是否处于弹性变形范围内。不出现塑性变形的校核公式为

对被包容件内表层：
$$p_{\max}\leqslant\frac{d^2-d_1^2}{2d^2}R_{eL1}$$

对包容件内表层：
$$p_{\max}\leqslant\frac{d_2^2-d^2}{\sqrt{3d_2{}^4+d^4}}R_{eL2}$$

式中 R_{eL1}——被包容件材料的屈服强度（MPa）；

R_{eL2}——包容件的材料的屈服强度（MPa）。

当过盈连接的配合部位径向压力很大而有可能进入塑性变形范围时，应按上式进行检验，以判断连接是否仍然可以正常工作。

4. 过盈连接的装拆力

采用压入法装配时需计算最大压入力：

$$F_i=\pi fdlp_{\max}$$

同时应计算最大压出力：

$$F_0 = (1.3 \sim 1.5) F_i = (1.3 \sim 1.5) \pi f d l p_{max}$$

根据所得的装拆力选择压力机的容量。

5. 装配温度

采用温差法（即胀缩法）装配时需要计算包容件的加热温度 t_2（℃）和被包容件的冷却温度 t_1（℃），计算公式为

$$t_2 = \frac{\delta_{max} + \Delta_0}{\alpha_2 d \times 10^3} + t_0$$

$$t_1 = -\frac{\delta_{max} + \Delta_0}{\alpha_1 d \times 10^3} + t_0$$

式中　δ_{max}——所选的标准配合在装配前的最大过盈量（μm）；

Δ_0——最小装配间隙（μm）；

d——配合的公称直径（mm）；

α_1、α_2——被包容件和包容件材料的线膨胀系数；

t_0——装配温度（℃）。

6. 直径变化

在过盈连接中，当被包容件装入包容件后，包容件的外径要增大，被包容件的内径要缩小。如果包容件的外径和被包容件的内径还有一定的公差要求，例如需要与其他零件配合时，则需计算包容件外径的最大胀大量 $\Delta\delta_{2max}$（mm）和被包容件的内径最大缩小量 $\Delta\delta_{1max}$（mm），计算公式为

$$\Delta\delta_{2max} = \frac{2 p_{max} d_2 d^2}{E_2 (d_2^2 - d^2)}$$

$$\Delta\delta_{1max} = \frac{2 p_{max} d_1 d^2}{E_1 (d^2 - d_1^2)}$$

过盈连接设计的难点在于确定相配合零件的过盈量。相配合零件的最小过盈量应保证在传递外载荷时零件之间不发生相对滑动。如果用压入法装配，还必须计入配合表面压入时因擦伤导致的过盈量减少。相配合零件的最大过盈量受到被连接件的强度条件限制，对塑性材料零件不产生塑性变形，对脆性材料零件不产生裂纹。

8.7.1.4　过盈连接的计算实例

如图 8-49 所示：有一个蜗轮轮缘用轧制磷锡青铜制成，用过盈配合固定在 HT150 制成的轮芯上，尺寸如图所示。现要求传递转矩 $T = 3500\text{N} \cdot \text{m}$，轴向力 $F = 5\text{kN}$，试验算连接强度，并确定装配时的加热温度。另已知轮缘孔和轮芯外圆的表面粗糙度分别为 $Ra3.2\mu\text{m}$ 和 $Ra1.6\mu\text{m}$。

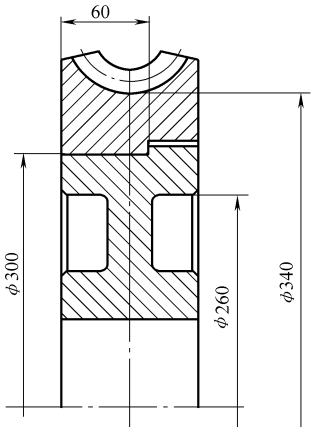


图 8-49　计算题图

解：

（1）由传递的载荷计算所需过盈量

1）求配合面至少应有的压强

查表 8-152 过盈连接摩擦面的摩擦因数 μ：钢对青铜：0.15 ~ 0.2，本题取 $\mu = 0.18$。

$$p_{\min}=\frac{\sqrt{F^2+(2T/d)^2}}{\pi d l\mu}=\frac{\sqrt{5000^2+(2\times3500\times10^3/300)^2}}{\pi\times300\times70\times0.18}\text{MPa}$$
$$=2\text{MPa}$$

2）求保证此压强的最小过盈量 $\Delta'_{\min}$

如图 8-49 所示，将轮缘和轮芯的过盈配合处的尺寸简化为厚壁筒尺寸，即：$d_1=260\text{mm}$，$d_2=340\text{mm}$，$d=300\text{mm}$，由表 8-154 查得铸铁 HT150 的弹性模量（0.7～0.8）×10^5MPa，本题取 $E_1=0.8\times10^5$MPa、泊松比 $\nu_1=0.25$；轧制磷锡青铜的弹性模量 $E_2=0.85\times10^5$MPa、泊松比 $\nu_2=0.35$。

$$C_1=\frac{d^2+d_1^2}{d^2-d_1^2}-\nu_1=\frac{300^2+260^2}{300^2-260^2}-0.25=6.786$$

$$C_2=\frac{d_2^2+d^2}{d_2^2-d^2}+\nu_2=\frac{340^2+300^2}{340^2-300^2}+0.35=8.381$$

$$\Delta'_{\min}=p_{\min}d\left(\frac{C_1}{E_1}+\frac{C_2}{E_2}\right)=2\times300\left(\frac{6.786}{0.8\times10^5}+\frac{8.381}{0.85\times10^5}\right)\times10^3\,\mu\text{m}=110.06\,\mu\text{m}$$

（2）选配合

为保证需要的精度，轮缘孔采用 7 级精度，轮芯采用 6 级精度。为保证 $\Delta'_{\min}$，初步选配合为：$\phi300\text{H7/s6}$，查孔、轴的极限偏差得：孔的上下偏差为：$\phi\,300^{0.052}_{0}$ 轴的上下偏差为：轴 $\phi300^{0.202}_{0.170}$，最小过盈量为

$$\Delta_{\min}=(170-52)\,\mu\text{m}=118\,\mu\text{m}>\Delta'_{\min}=110.06\,\mu\text{m}。$$

（3）计算最大压强 $p_{\max}$

最大过盈量 $\Delta_{\max}=202\,\mu\text{m}$，利用最小过盈量和最小压强的比例关系求 $p_{\max}$。

$$p_{\max}=\frac{p_{\min}}{\Delta'_{\min}}\Delta_{\max}=\frac{2}{110.06}\times202\text{MPa}=3.67\text{MPa}$$

这里要注意：由于温差装配，设计过盈量不必过大。

（4）计算强度

确定许用应力：查表 8-155 得 HT150 的抗拉强度 $R_{m1}=130$MPa（此处灰铁 HT150 按壁厚 $\delta=(300-260)/2\text{mm}=20\text{mm}$ 计，查表中抗拉强度 $R_{m1}=130$MPa，）；查表 8-156；轧制磷锡青铜的抗拉强度：$R_{m2}=216$MPa，按屈强比为 0.6 计，下屈服强度 $R_{eL2}=0.6\times216=130$MPa。轮芯为脆性材料，按第一强度理论可得最大计算压应力为

$$\sigma_1=\frac{2p_{\max}d^2}{d^2-d_1^2}=\frac{2\times3.67\times300^2}{300^2-260^2}\text{MPa}=29.49\text{MPa}<R_{m1}$$

轮芯强度合格。

轮缘为塑性材料，按第三强度理论可得最大计算拉应力：

$$\sigma_2=\frac{2p_{\max}d_2^2}{d_2^2-d^2}=\frac{2\times3.67\times340^2}{340^2-300^2}\text{MPa}=33.15\text{MPa}<R_{eL2}$$

轮缘强度合格。

（5）求轮缘装配加热温度

根据已知：轮芯外圆和轮缘孔的表面粗糙度为 $Ra1.6$ 和 $Ra3.2$，相当于 $Rz_1=6.3\mu m$，$Rz_2=12.5\mu m$。

最小装配间隙为：

$$\Delta_0 \geqslant 1.2\times(Rz_1+Rz_2)=1.2\times(6.3+12.5)\mu m=22.56\mu m$$

为便于安装，取 $\Delta_0=200\mu m$，查得青铜热膨胀系数 $\alpha=18.2\times10^{-6}/℃$，因此轮缘的加热温度为：

$$\Delta t=\frac{\Delta_{max}+\Delta_0}{\alpha\cdot d}=\frac{202+200}{18.2\times10^{-6}\times300\times10^3}℃=73.6℃$$

8.7.1.5　过盈连接的结构设计

1. 过盈连接压入法导向结构的设计问题

为了便于装配，包容件的进入端应有压入导向锥角，过盈量越大，导向锥角应越小，而导向锥的长度应越长。推荐的结构及参数见图 8-50，孔端倒有圆角，有利于提高轴的疲劳强度。

当配合长度 l 较大（$l>1.6d$）时，配合面宜制成阶梯形，以改善加工和装配工艺。另外，配合长度也不宜过短，否则轴上零件容易发生晃动。当包容件的孔不通时，应有排气孔。当过盈配合与键综合运用时，应把轴端做出较长的锥，使键先插入键槽，然后再装入过盈配合。过盈配合件应该有明确的定位结构或其他定位措施。配合面的粗糙度一般不应高于 $Ra6.3\mu m$，并且应尽量减小其形状偏差。

过盈连接入口端可设计成公差配合的形式，但是不能设计成过盈配合或间隙配合，因为过盈配合不容易拆装，间隙配合不容易保证精度。只有设计成过渡配合中的间隙配合比较合适。但要设计成倒锥以便装入。

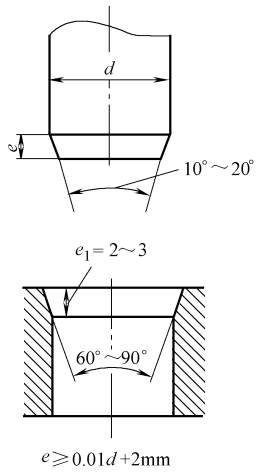


图 8-50　压入法导向结构

2. 避免过盈连接压力分布不均和端部滑动问题

如图 8-51a 所示：过盈连接压力沿结合面长度的分布是不均匀的，两端会出现应力集中，同时，由于轴的扭转刚度低于轮毂，轴的扭转变形大于轮毂，会在端部产生扭转滑动，如图 8-51b 所示，图中的 aa' 为相对滑动量。当转矩变化时，扭转滑动会导致局部磨损而使连接松动。

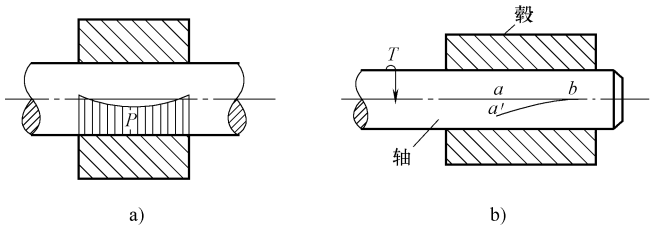


图 8-51　避免压力分布不均和端部滑动

为了减轻或避免上述情况，从而保证连接的承载能力，可采取下列过盈连接的均载结构

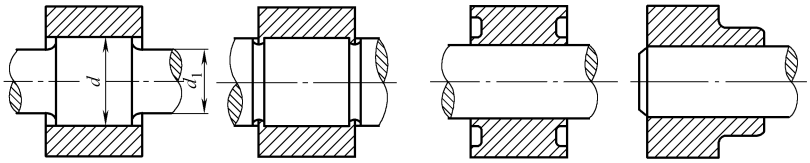
设计：

1）减小配合部分两端处的轴径，并在剖面过渡处取较大的圆角半径，可取 $d' \leqslant 0.95d$，$r \geqslant (0.1 \sim 0.2d)$，如图 8-52a 所示。

2）轴的配合部分两端切制卸载槽，如图 8-52b 所示。

3）轮毂端面切制卸载环形槽如图 8-52c 所示。

4）小轮毂端部的厚度，如图 8-52d 所示。

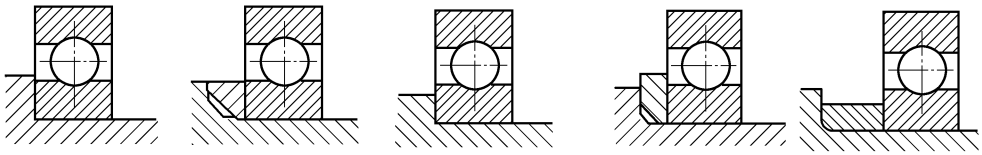


a)　b)　c)　d)

图 8-52　过盈连接的均载结构

3. 过盈连接必须考虑拆卸问题

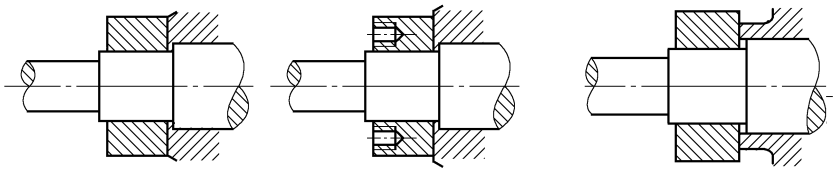
过盈连接的结构设计必须要考虑如何拆卸问题，如图 8-53a、b 所示的滚动轴承与轴的连接结构有问题，滚动轴承与轴的连接为过盈配合，图中所示的两个滚动轴承，轴肩和套筒都超过或与滚动轴承的内圈同高，因此轴承拆卸器无法抓住滚动轴承的内圈，无法拆卸滚动轴承。改成图 8-53c、d、e 所示的结构，就会顺利地卸下滚动轴承。



a)　b)　c)　d)　e)

图 8-53　滚动轴承的拆卸实例

再如图 8-54a 所示的轴与套的过盈连接也是无法拆卸的，如改成图 8-54b、c 所示的结构，就会顺利地卸下滚动轴承。图 8-54b 的结构是在套上加工内螺纹，拆卸时利用螺纹产生的轴向力使套卸下。图 8-54c 所示的结构给套留出一个拆卸的空间，因此可以拆下。



a)　b)　c)

图 8-54　轴套的拆卸实例

4. 过盈连接部分的配合深度问题

如图 8-55a 所示：是盖与机体的过盈连接结构，该结构有问题，过盈连接的深度不宜太深，过盈量的嵌入深度太深，很难嵌装和拔出，如改成图 8-55b、c 所示的结构，使过盈量的嵌入深度最小，装拆都方便。

5. 同一根轴多处过盈配合的设计问题

图 8-56a 所示的过盈连接结构，同一轴上与同一个零件有两处过盈配合，而轴设计成同一直径，则不好安装、拆卸，同时也难以保证精度。图 8-56b 所示的结构虽然不是同一个零件与轴过盈配合，但具有三处过盈配合，如将轴设计成图示的等直径结构，则不好安装、拆卸，同时也难以保证精度。应该设计成图 8-56c 所示的结构，将具有相同直径过盈量的安装部位给予少许的阶梯差，安装部位以外最好不要给过盈量。

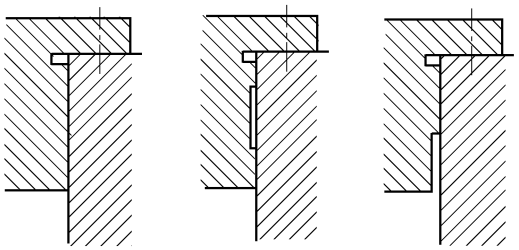


图 8-55　过盈深度的设计

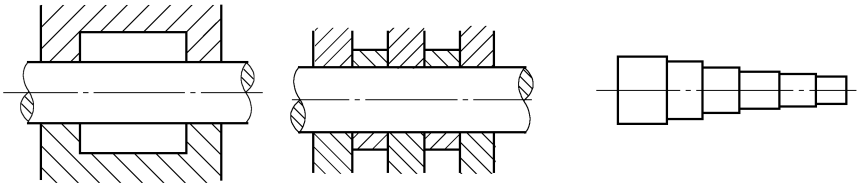


图 8-56　同一根轴多处过盈配合的设计

6. 热压配合的过盈连接结构设计问题

图 8-57a 所示的过盈连接结构，很薄的轴环热压配合到阶梯轴上，结构不合理：很薄的轴环热压配合到阶梯轴上，由于轴环右边的直径比左边的直径大很多，因此对于相同的过盈量轴的反抗力不同，因此轴环会形成如图中双点画线所示的变形。为防止出现这种情况，可将轴环加厚，如图 8-57b 所示的结构。如果因为结构受限实在不能加厚轴环，也可以从轴粗的一侧到细的一侧调整其过盈量。

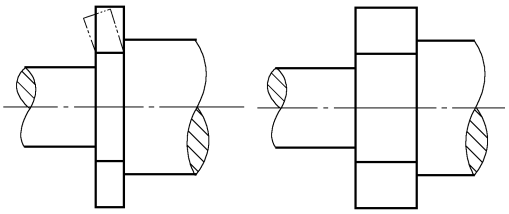


图 8-57　热压配合的过盈连接结构设计

8.7.2　设计标准及规范（见表 8-152 ~ 表 8-157）

表 8-152　纵向过盈连接的摩擦因数（摘自 GB/T 5371—2004）

材　　料	摩擦因数 μ	
	无　润　滑	有　润　滑
钢-钢	0.07 ~ 0.16	0.05 ~ 0.13
钢-铸钢	0.11	0.08
钢-结构钢	0.10	0.07
钢-优质结构钢	0.11	0.08
钢-青铜	0.15 ~ 0.2	0.03 ~ 0.06
钢-铸铁	0.12 ~ 0.15	0.05 ~ 0.10
铸铁-铸铁	0.15 ~ 0.25	0.05 ~ 0.10

表 8-153 横向过盈连接的摩擦因数（摘自 GB/T 5371—2004）

材　料	结合方式,润滑	摩擦因数 μ
钢-钢	油压扩径,压力油为矿物油	0.125
	油压扩径,压力油为甘油,结合面排油干净	0.18
	在电炉中加热包容件至 300℃	0.14
	在电炉中加热包容件至 300℃以后,结合面脱脂	0.2
钢-铸铁	油压扩径,压力油为矿物油	0.1
钢-铝镁合金	无润滑	0.10～0.15

表 8-154 弹性模量、泊松比和线胀系数（摘自 GB/T 5371—2004）

材　料	弹性模量 E/MPa ≈	泊松比 ν ≈	线胀系数 α/(10^{-6}/℃)	
			加热 ≈	冷却 ≈
碳钢、低合金钢合金结构钢	200000～235000	0.3～0.31	11	-8.5
灰口铸铁 HT150 HT200	70000～80000	0.24～0.25	10	-8
灰口铸铁 HT250 HT300	105000～130000	0.24～0.26	10	-8
可锻铸铁	90000～100000	0.25	10	-8
非合金球墨铸铁	160000～180000	0.28～0.29	10	-8
青铜	85000	0.35	17	-15
黄铜	80000	0.36～0.37	18	-16
铝合金	69000	0.32～0.36	21	-20
镁合金	40000	0.25～0.3	25.5	-25

表 8-155 灰铸铁力学性能

牌号	铸件壁厚/mm		最小抗拉强度 R_m/MPa	硬度 HBW	应用举例
	大于	至			
HT100	2.5	10	130	110～166	盖、外罩、油盘、手轮、手把、支架等
	10	20	100	93～140	
	20	30	90	87～131	
	30	50	80	82～122	
HT150	2.5	10	175	137～205	端盖、汽轮泵体、轴承座、阀壳、管子及管路附件、手轮、一般机床底座、床身及其他复杂零件、滑座、工作台等
	10	20	145	119～179	
	20	30	130	110～166	
	30	50	120	141～157	
HT200	2.5	10	220	157～236	气缸、齿轮、底架、箱体、飞轮、齿条、衬筒、一般机床铸有导轨的床身及中等压力(8MPa 以下)液压缸、液压泵和阀的壳体等
	10	20	195	148～222	
	20	30	170	134～200	
	30	50	160	128～192	
HT250	4.0	10	270	175～262	阀壳、液压缸、气缸、联轴器、箱体、齿轮、齿轮箱外壳、飞轮、衬筒、凸轮、轴承座等
	10	20	240	164～246	
	20	30	220	157～236	
	30	50	200	150～225	
HT300	10	20	290	182～272	齿轮、凸轮、车床卡盘、剪床、压力机的机身、导板、转塔车床及其他重负荷机床铸有导轨的床身、高压油缸、液压泵和滑阀的壳体等
	20	30	250	168～251	
	30	50	230	161～241	
HT350	10	20	340	199～299	
	20	30	290	182～272	
	30	50	260	171～257	

注：灰铸铁的硬度，系由经验关系式计算：当 $R_m \geqslant 196$MPa 时，$HBW = RH(100 + 0.438R_m)$；当 $R_m < 196$MPa 时，$HBW = RH(44 + 0.724R_m)$。RH 一般取 0.80～1.20。

表 8-156　铸造铜合金的力学性能

蜗轮材料	铸造方法	力学性能			
		R_m	R_{eL}	A_e	HBW
ZCuSn10P1	S	216	130	3	785 *
	J	310	170	2	885 *
	Li	330	170 *	4	885 *
	La	360	170 *	6	885 *
ZCuSn5Pb5Zn5	S,J	200	90	13	590 *
	Li,La	250	100 *	13	635 *
ZCuAl10Fe3	S	490	180	13	980 *
	J	540	200	15	1080 *
	Li,La	540	200	15	1080 *
ZCuAl10Fe3Mn2	S	490		15	1080
	J	540		20	1175
ZCuZn25Al6Fe3Mn3	S	725	380	10	1570 *
	J	740	400	7	1665 *
	Li,La	740	400	7	1665 *

注：1. S—砂型铸造；J—金属铸造；Li—离心铸造；La—连续铸造。
2. * 为一般参考数值。

第 9 章　机 械 传 动

9.1　螺旋传动

9.1.1　基本设计计算方法

9.1.1.1　螺旋传动概述

1. 螺旋传动的用途

螺旋传动由螺杆与螺母组成，是通过螺杆和螺母的旋合传递运动和力。它主要是将旋转运动变成直线运动，以较小的转矩得到很大的推力，或者用以调整零件的位置。当螺旋不自锁时，也可以将直线运动变成旋转运动。

螺旋传动在工程上最常用的例子是机床的进给机构，如图 9-1 所示，丝杠 1 和螺母 3 构成螺旋传动，丝杠 1 在电动机的驱动下转动，螺母 3 移动，螺母 3 与刀具 2 固接在一起，因此刀具 2 实现左右移动，从而完成切削。

螺旋传动在工程上另一种常用的例子是螺旋千斤顶或螺旋压力机，如图 9-2 所示，螺杆（丝杠）和螺母构成螺旋传动，螺母固定在底座上，螺杆转动并上下移动，从而顶起或降下重物。

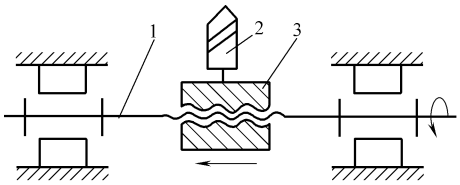


图 9-1　进给机构示意图

1—丝杠　2—刀具　3—螺母

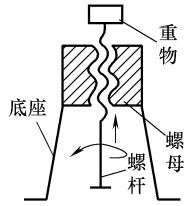
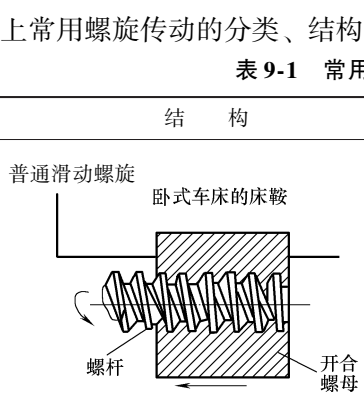


图 9-2　螺旋千斤顶示意图

2. 螺旋传动的分类

工程上常用螺旋传动的分类、结构、主要特点及应用见表 9-1。

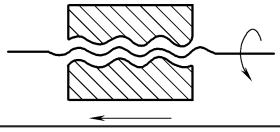
表 9-1　常用螺旋传动的类型特点及应用

类型		结　构	特　点	应用举例
按摩擦副的性质分	滑动螺旋传动		结构简单，加工方便 摩擦阻力大，传动效率低（通常为 30% ~60%） 易于自锁 运转平稳，但低速或微调时可能出现爬行 螺纹有侧向间隙，反向时有空行程，定位精度低 轴向刚度较差（采用消隙机构可提高定位精度） 磨损快	金属切削机床的进给机构、分度机构、传动螺旋、摩擦压力机、千斤顶的传力螺旋

（续）

类型		结构	特点	应用举例
按摩擦副的性质分	滑动螺旋传动	差动滑动 手轮 螺杆 移动螺杆 机架	由两个螺旋副组成的使活动的螺母与螺杆产生差动（即不一致）的螺旋传动称为差动螺旋传动 差动螺旋传动机构可以产生极小的位移，而其螺纹的导程并不需要很小，加工较容易	用于测微器、分度机及诸多精密切削机床、仪器和工具
	滚动螺旋传动	1—滚珠循环装置 2—滚珠 3—螺杆 4—螺母	摩擦阻力小，传动效率高（一般在90%以上） 结构较复杂，制造工艺要求高，成本较高 运转平稳，起动时无振动，低速时不爬行 螺母和螺杆经调整预紧，可得到很高的定位精度（5μm/300mm）和重复定位精度（1～2μm），并可以提高轴向刚度 寿命长，不易发生故障 抗冲击能力较差 不自锁，要求自锁时需附加自锁装置	数控机床，特别是加工中心等精密机床；测试机械；仪器的传动螺旋和调整螺旋；飞机、船舶、铁路等自控系统的传动螺旋和传力螺旋等
	静压螺旋传动	受轴向力时 进油 回油 节流器 h_1 h_2 F_a P_1 P_2 受径向力时 F_r 油腔 B A C 螺旋面	螺纹副之间为液体摩擦，靠外部液压系统提供压力油使螺杆、螺母的螺纹牙间产生压力油膜而分隔开，摩擦阻力极小，转动效率高（可达99%） 工作平稳，无爬行现象 反向时无空行程定位精度高，并有很高的轴向刚度 磨损小，寿命长 需要一套压力稳定，温度恒定，过滤要求较高的供油系统 结构复杂，造价高	数控机床，特别是加工中心等精密机床进给、分度机构的传动螺旋等
按用途分	传动螺旋		速度高、能连续工作、精度高 以传递运动为主，有时也承受大的轴向力	机床的进给机构
	传力螺旋	托盘 螺母 手柄 螺杆	精度低、间歇工作 通常能自锁 以较小的转矩产生大的轴向力 以传递动力为主	螺旋千斤顶、加压螺旋等

（续）

类型		结　构	特　点	应用举例
按用途分	调整螺旋		受力较小且不经常转动 调整以及固定零件间的相对位置	机床、仪器及测试装置中的微调螺旋

9.1.1.2　螺旋传动的设计计算方法

1. 设计方法概述

因为滑动螺纹副之间的摩擦性质为滑动摩擦，因此在滑动螺旋传动中磨损是最主要的一种失效形式，它会引起传动精度下降，并使强度下降。影响磨损的因素是：工作面的压强、螺纹表面质量，滑动速度和润滑状态等，其中工作面的压强是主要影响因素。

针对螺纹副磨损这种主要失效形式，为了防止磨损，通常按耐磨性设计出螺杆中径或螺母圈数，再校核其他各项承载能力，例如：螺杆的强度，螺母螺纹牙的强度，要求自锁的螺杆应校核其自锁性。当螺杆受压力，其长径比又很大时，容易产生侧向弯曲，应校核其稳定性；转速高而长的螺杆，可能产生横向振动，还应校核其临界转速等。

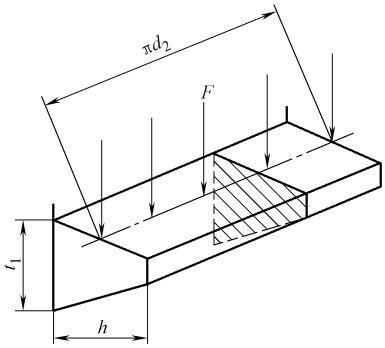


图 9-3　螺母螺纹牙展开图

精密的传动螺旋应校核螺杆的刚度（有时就是根据刚度确定其直径）。调整螺旋和部分传力螺旋要求自锁时，应采用单线螺纹；为了提高传动效率以及要求较高的直线运动速度，可采用多线螺纹，以得到较大的螺纹升角和导程。

螺旋传动常用的螺纹类型是：梯形螺纹、矩形螺纹和锯齿形螺纹，以梯形螺纹为例，说明动螺旋传动的设计方法。

2. 耐磨性设计计算

耐磨性计算主要是限制螺纹工作面上压强 p 要小于材料的许用压强。因为螺母的材料较弱，磨损多发生在螺母上，因此，只需要计算螺母。

将螺母的一圈螺纹牙展开，如图 9-3 所示，设轴向力为 F，相旋合圈数为 Z。$Z=H/P$，此处 H 为螺母厚度，P 为螺距，则得出耐磨性的验算式为

$$p=\frac{F/Z}{A}=\frac{F/Z}{\pi d_2 h}=\frac{FP}{\pi d_2 hH}\leqslant[p]$$

式中　d_2——螺纹中径（mm）；

h——螺纹工作高度（mm），梯形和矩形螺纹为 $h=0.5P$，锯齿形螺纹为 $h=0.75P$；

H——螺母厚度（mm）；

$[p]$——许用压强（MPa），见表 9-7。

为得出设计式，引入一个螺母厚度系数 ϕ，令 $\phi=H/d_2$，代入上式得出螺纹中径 d_2 的设计式：

$$d_2\geqslant\sqrt{\frac{FP}{\pi\phi h[p]}}$$

设计出的 d_2 必须查螺纹标准，取标准值。

3. 自锁性验算

对有自锁性要求的螺旋副，如起重螺旋要进行自锁性验算。自锁条件为

$$\varphi = \arctan \frac{P_h}{\pi d_2} = \arctan \frac{nP}{\pi d_2} \leqslant \rho_v$$

$$\rho_v = \arctan \mu_v$$

式中 φ——螺旋升角（°）；

n——螺纹的线数；

P——螺纹的螺距（mm）；

P_h——螺纹的导程（mm）；

d_2——螺纹的中径（mm）；

μ_v——当量摩擦因数，见表9-5；

ρ_v——当量摩擦角（°）。

4. 螺杆的强度计算

螺杆工作时同时受轴向压力（或拉力）F 与扭矩 T 的作用，螺杆螺纹的截面受拉（压）应力与扭切应力的复合作用，根据第四强度理论得：

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\left(\frac{4F}{\pi d_1^2}\right)^2 + 3\left(\frac{T}{W}\right)^2} \leqslant [\sigma]$$

式中 d_1——螺纹小径（mm）；

W——抗扭截面系数（mm^3）；

T——螺纹力矩（N·mm），$T = F \times \tan(\varphi + \rho_v) \times d_2/2$

$[\sigma]$——螺杆材料许用应力（MPa），表9-8。

5. 螺母螺纹牙强度计算

一般情况下，螺母材料的强度低于螺杆，因此，螺纹牙的剪断和弯断均发生在螺母上，所以只需要计算螺母的螺纹牙强度即可。如图9-3所示，将螺母一圈螺纹沿螺纹大径处展开，则螺母螺纹牙的受力相当于悬臂梁的受力，因此得出螺母螺纹牙根部危险剖面的抗弯强度条件为

$$\sigma_b = \frac{T}{W} = \frac{3Fh}{\pi d t_1^2 Z} \leqslant [\sigma_b]$$

抗剪强度条件为

$$\tau = \frac{3Fh}{\pi d t_1^2 Z} \leqslant [\tau]$$

式中 d——螺母的大径（mm）；

t_1——螺纹牙底宽（mm）；梯形螺纹：$t_1 = 0.65P$；矩形螺纹：$t_1 = 0.5P$；锯齿形螺纹 $t_1 = 0.75P$；

Z——螺母的圈数；

h——螺纹工作高度（mm），梯形和矩形螺纹为 $h = 0.5P$，锯齿形螺纹为 $h = 0.75P$；

$[\sigma_b]$、$[\tau]$——许用弯曲应力和许用切应力（MPa），见表9-8。

如果螺母与螺杆材料相同，则其许用弯曲应力和许用切应力应当相差不多，因为螺杆根

径 d_1 小于螺母的外径 d，故应验算螺杆，但是，此时公式中的 d 应改为 d_1，其余相同。

6. 稳定性计算

当螺杆较细长且受较大轴向压力时，可能会侧向弯曲而丧失稳定性，因此螺杆所承受的轴向压力应小于其临界载荷。螺杆受压时的稳定性验算式为

$$S_{SC}=\frac{F_{cr}}{F}\geqslant S_S$$

式中 S_{SC}——螺杆稳定性的计算安全系数；

S_S——螺杆稳定性计算的许用安全系数，对于传动螺旋：$S_S=2.5\sim4.0$；对于传力螺旋：$S_S=3.5\sim5.0$；对于精密螺旋或水平螺杆：$S_S>4$；

F——螺杆所受的压力（N）；

F_{cr}——螺杆的临界载荷。

为求螺杆的临界载荷 F_{cr}，应先计算螺杆的长细比：

$$\lambda=\frac{\mu l}{i}$$

式中 l——螺杆计算长度；

μ——螺杆长度系数，与螺杆端部结构有关，见表 9-6；

i——螺杆危险截面的惯性半径，$i=d_1/4$。

求得 λ 后，按 λ 的大小选择下列公式计算 F_{cr}。

对淬火钢螺杆：当 $\lambda>85$ 时，$F_{cr}=\dfrac{\pi^2EI}{(\mu\cdot l)^2}$

当 $\lambda<85$ 时，$F_{cr}=\dfrac{490}{1+0.0002\lambda^2}\times\dfrac{\pi d_1^2}{4}$

对非淬火钢螺杆：当 $\lambda>90$ 时，$F_{cr}=\dfrac{\pi^2EI}{(\mu\cdot l)^2}$

当 $\lambda<90$ 时，$F_{cr}=\dfrac{340}{1+0.00013\lambda^2}\times\dfrac{\pi d_1^2}{4}$

E——螺杆材料的拉压弹性模量（MPa），对于钢 $E=2.06\times10^5$ MPa；

I——螺杆危险截面惯性矩（mm^4），$I=\pi d_1^4/64$。

当柔度 $\lambda\leqslant40$ 时，可不必进行稳定性验算。

因滑动螺旋传动的效率低，因此，粗略计算时也可不必计算传动效率。

9.1.1.3 常用材料及热处理

针对螺旋传动的主要失效形式是磨损，因此材料选择应首先考虑采用耐磨材料以及考虑螺杆和螺母配对时摩擦因数小。因螺杆细长，通常采用硬材料，例如钢和合金钢；配对螺母采用软材料且与螺杆组合时摩擦因数小，通常采用锡青铜等。表 9-3 列出常用螺母材料及选用，表 9-4 列出螺杆常用的材料及其热处理方法。

9.1.1.4 滑动螺旋传动的精度

梯形螺纹是传力螺纹中应用最广的一种螺纹，新的国家标准对梯形螺纹的牙型、尺寸、直径与螺距以及公差（含旋合长度等）等进行了详细规定，详见本书表 9-12 梯形螺纹的基本尺寸（GB/T 5796.3—2005）、表 9-13 梯形螺纹公差（GB/T 5796.4—2005）、表 9-10 梯形螺纹牙

型（GB/T 5796.1—2005）、表9-11 梯形螺纹直径与螺距系列（GB/T 5796.2—2005）。

锯齿形螺纹也是一种常用的传力螺纹，2008 年国家重新修订了锯齿形螺纹的标准，对锯齿形螺纹的牙型公差、尺寸、直径与螺距等进行了详细规定，详见本书表9-23 锯齿形螺纹的牙型（GB/T 13576.1—2008）、表9-24 锯齿形螺纹直径与螺距系列（GB/T 13576.2—2008）、表9-25 锯齿形螺纹的基本尺寸（GB/T 13576.3—2008）和表9-26 锯齿形螺纹公差（GB/T 13576.4—2008）。

对于作精确运动的传动螺旋（如金属切削机床的丝杠）不仅要传递运动和动力，有的还要精确地传递位移或定位。螺杆的螺旋线误差、螺距误差、中径尺寸变动量、牙形角的偏差等都会影响其传动精度，尚需分项目提出严格要求，为适应不同精度等级的要求，设置了相应的公差，详情请查相关资料。

9.1.1.5　滑动螺旋传动的设计计算实例

设计图9-4 所示的滑动螺旋千斤顶，要求顶起重物的重量为 $F=40\text{kN}$，最大升起高度 $h'=180\text{mm}$。

解：此设计题目包括以下几方面内容：

1）选择螺杆、螺母材料；

2）设计螺纹中径 d_2；

3）验算螺杆的自锁性；

4）验算螺杆强度

5）验算螺杆稳定性；

6）设计计算螺母；

7）设计计算手柄；

8）设计计算托杯、底座；

9）计算千斤顶效率；

10）画出螺旋千斤顶的装配图。

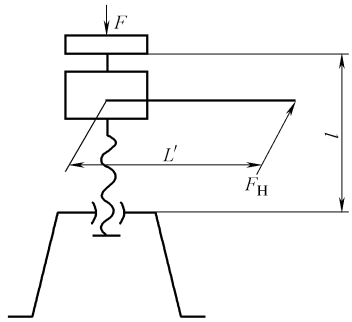


图9-4　设计实例运动简图

具体设计步骤如下：

1. 选择螺杆螺母材料

（1）螺杆

查表9-4 螺杆常用材料：因无特殊要求，螺旋千斤顶属于中等精度的一般传动，选择市场供应充足、价格比较便宜的45 钢，正火处理。

查优质碳素结构钢（第7 章表7-16）：假设毛坯尺寸≤100mm，正火处理，则屈服强度 $R_{eL}=295\text{MPa}$。

查表9-8，许用拉应力 $[\sigma]=\dfrac{R_{eL}}{S}=\dfrac{R_{eL}}{3\sim5}$，本题取安全系数为4，则许用拉应力为：

$$[\sigma]=\frac{R_{eL}}{S}=\frac{295}{4}\text{MPa}=73.75\text{MPa}$$

（2）螺母

查表9-3 螺母材料及其选用：考虑铸锡青铜 ZCuSn10P1 材料耐磨性好，和钢制螺杆配合摩擦因数低，有较好的抗胶合能力和耐磨性，适用于一般传动，因此螺母选用 ZCuSn10P1。

查表9-7 滑动螺旋的许用比压：因为本题是低速，因此许用压强为 18～25MPa，本题选

$[p]=18\text{MPa}$。

2. 由耐磨性计算螺纹中径 d_2、旋合圈数 Z 及螺母高度 H

（1）选螺纹牙类型

因为在传力螺纹中，梯形螺纹具有强度高等优点应用最广，锯齿形螺纹用于单面受力，矩形螺纹由于工艺性较差强度较低等原因应用很少，且没有国家标准，本题选梯形螺纹。

（2）计算螺纹中径 d_2、旋合圈数 Z 及螺母高度 H

梯形螺纹牙高是螺距的函数，因此查表 9-12 梯形螺纹基本尺寸（GB/T 5796.3—2005）：得螺纹牙高 $h=0.5P$。螺母厚度系数 ϕ 的取法与螺母的结构有关参考文献 1。对于整体式螺母，磨损后间隙无法调整，系数 ϕ 宜取小值，为 1.2～2.5；螺母为剖分式，磨损后间隙可调整，则取 2.5～3.5；传动精度高、要求寿命较长时，允许取 4。本例采用整体式螺母，取 $\phi=1.2$，螺母螺纹牙展开图见图 9-3，代入耐磨性公式求出螺杆中径 d_2：

$$d_2 \geqslant \sqrt{\frac{FP}{\pi\phi h[p]}}=\sqrt{\frac{40000P}{\pi\times1.2\times0.5P\times18}}\text{mm}=34.34\text{mm}$$

查表 9-12 梯形螺纹基本尺寸（GB/T 5796.3—2005）：本应按中径 34.5mm 选择外径为 36mm、螺距为 3mm 的梯形螺纹，但是外径为 36mm 的螺纹有三种螺距：3mm、6mm、10mm，究竟选哪种？应查表 9-11 梯形螺纹直径与螺距系列（摘自 GB/T 5796.2—2005）中的直径与螺距的标准组合系列：外径为 36mm 的螺纹与螺距为 6mm 的是标准组合系列。又因为螺距为 6mm、外径为 36mm 的螺纹的中径为 33mm，满足不了本题目的要求，即 $d_2\geqslant34.34\text{mm}$，因此：再查外径为 38mm 的螺纹的中径为 $d_2=34.35\text{mm}$，可以满足强度要求，但却是第二系列；标准中规定：优先选用第一系列，因此，本题选第一系列梯形螺纹：Tr40（$d_2=36.5\text{mm}$），螺距为 $P=7\text{mm}$。

查 9-13 梯形螺纹公差旋合长度：根据公称直径 40mm、螺距 7mm、旋合长度≥75mm（因为最大升起高度 $h'=180\text{mm}$，所以旋合长度应按长的选，即 L 型）。查公差：因为千斤顶为一般用途，因此选中等精度。考虑操作方便，选左旋螺纹，用 LH 表示。综上所述，螺纹副表示为：Tr40×7LH-8H/8e-L。查表 9-12 梯形螺纹尺寸：螺杆螺纹外径 $d=40\text{mm}$，螺距 $P=7\text{mm}$，小径 $d_1=32\text{mm}$，中径 $d_2=36.5\text{mm}$，螺母螺纹大径 $d'=41\text{mm}$。

螺母旋合圈数为：$Z=\dfrac{\phi d_2}{P}=\dfrac{1.2\times36.5}{7}=6.26$，取 $Z=7<10$，合适。

螺母高度：$H=Z\times P=7\times7=49\text{mm}$

3. 验算螺杆的自锁性

查表 9-5 螺纹副当量摩擦因数：钢对青铜 $\mu_v=0.08\sim0.10$，取平均值 $\mu_v=0.09$，则当量摩擦角为：$\rho_v=\arctan0.09=5°8'34''$

螺旋升角为：$\psi=\arctan\dfrac{P}{\pi d_2}=\arctan\dfrac{7}{\pi\times36.5}=3°29'36''$

$\psi<\rho_v-1°=4°8'34''$，所以能够自锁。

4. 螺杆强度验算

螺杆受压受扭，用第四强度理论，可求总应力为

$$\sigma=\sqrt{\left(\frac{4F}{\pi d_1^2}\right)^2+3\left(\frac{T_1}{0.2d_1^3}\right)^2}$$

螺纹力矩按下式求得：

$$T_1 = F\tan(\psi + \rho_v) \times \frac{d_2}{2}$$

$$= 40000 \times \tan(3°29'36'' + 5°8'34'') \times \frac{36.5}{2}\text{N} \cdot \text{mm} = 110.87 \times 10^3 \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{4 \times 40000}{\pi \times 32^2}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{110.87 \times 10^3}{0.2 \times 32^3}\right)^2}$$

$$= 58\text{MPa} < [\sigma] = 73.75\text{MPa}$$

所以螺杆强度满足。

5. 验算螺杆的稳定性

计算柔度：查表9-6螺杆长度系数μ：按下端固定、上端自由，取$\mu = 2$。

l可按下式估算：$l = h' + \frac{H}{2} + d = \left(180 + \frac{49}{2} + 40\right)\text{mm} \approx 245\text{mm}$

所以$\lambda = \frac{4\mu l}{d_1} = \frac{4 \times 2 \times 245}{32} = 61$，因为柔度大于40，因此应验算稳定性。

本题螺杆不淬火且$\lambda < 90$，故

$$F_{cr} = \frac{340}{1 + 0.00013 \times 61^2} \frac{\pi \times 32^2}{4}\text{N} = 184295\text{N}$$

$$S = \frac{F_{cr}}{F} = \frac{184295}{40000} = 4.6 > 2.5 \sim 4$$

因此螺杆不会失稳。

6. 螺母的设计计算

（1）螺纹牙强度计算

1）螺纹牙剪切强度

查表9-8螺母和螺杆材料的许用应力：螺母的许用切应力$[\tau] = 30 \sim 40\text{MPa}$，本题取$[\tau] = 30\text{MPa}$。梯形螺纹牙底宽为

$$t_1 = 0.634\text{P} = 0.634 \times 7\text{mm} = 4.438\text{mm}$$

如图9-5所示，剪切强度计算：$\tau = \frac{F}{\pi d' t_1 Z} = \frac{40000}{\pi \times 41 \times 4.438 \times 7}\text{MPa} = 10\text{MPa} < [\tau] = 30\text{MPa}$

所以剪切强度足够。

2）螺纹牙弯曲强度

查表9-8螺母和螺杆材料的许用应力：螺母的许用弯曲应力为$[\sigma_b] = 40 \sim 60\text{MPa}$，本题取$[\sigma_b] = 40\text{MPa}$。

查表9-12梯形螺纹基本尺寸（GB/T 5796.3—2005），梯形牙高$h = 4\text{mm}$。

螺母螺纹牙弯曲强度为

$$\sigma_b = \frac{3Fh}{\pi d' t_1^2 Z} = \frac{3 \times 400 \times 4}{\pi \times 41 \times (0.634 \times 7)^2 \times 7}\text{MPa}$$

$$= 27\text{MPa} < [\sigma_b] = 40\text{MPa}$$

所以螺母螺纹牙弯曲强度足够。

（2）计算螺母外径 D

为了更好地将螺母固定在底座上，将螺母做成 T 形，也称异形螺母，如图 9-5 所示。螺母螺纹牙受拉和扭，由第四强度理论可求螺纹牙的总应力：$\sigma=\dfrac{1.3F}{\dfrac{\pi}{4}(D^2-d'^2)}\leqslant[\sigma_e]$，从而可得异形螺母外径为：$D\geqslant\sqrt{\dfrac{5.2F}{\pi[\sigma_e]}+d'^2}$

式中螺母螺纹大径 $d'=41\text{mm}$，查表 9-8，螺母和螺杆材料的许用应力：青铜的许用弯曲应力 $[\sigma_b]=40\sim60\text{MPa}$，本题取 $[\sigma_b]=50\text{MPa}$。

由材料力学可知：许用拉应力 $[\sigma_e]=0.83[\sigma_b]=0.83\times50\text{MPa}=41.5\text{MPa}$，所以异形螺母外径为：$D\geqslant\sqrt{\dfrac{5.2F}{\pi[\sigma_e]}}=\sqrt{\dfrac{5.2\times40000}{\pi\times41.5}+41^2}\text{mm}=57.24\text{mm}$

圆整后取 $D=58\text{mm}$。

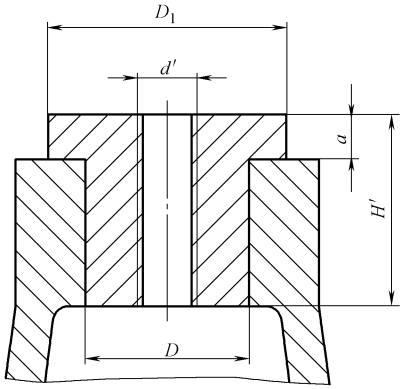


图 9-5　T 形螺母简图

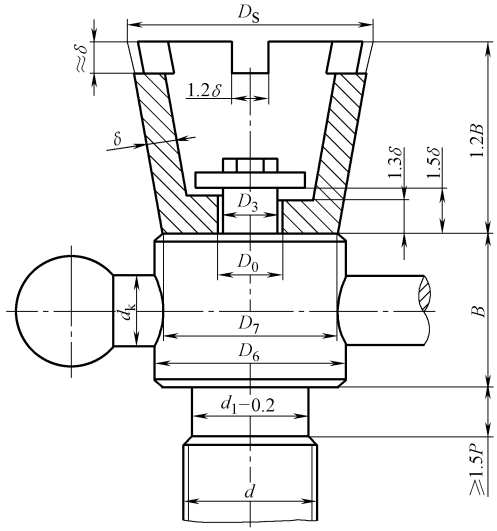


图 9-6　托杯结构简图

（3）螺母凸缘尺寸计算

1）计算凸缘直径 D_1 及厚度 a

由经验公式可求异形螺母各尺寸：$D_1\approx(1.2\sim1.3)D$，$D_1=1.3\times58\text{mm}=75.4\text{mm}$，圆整后取 $D_1=75\text{mm}$。由经验公式求出螺母厚度：$a=\dfrac{H}{3}=\dfrac{49}{3}\text{mm}=16\text{mm}$

2）凸缘支承面挤压强度验算

此处 $[\sigma_b]=40\text{MPa}$，由经验公式得许用挤压应力：

$$[\sigma_p]=(1.5\sim1.7)[\sigma_b]=(1.5\sim1.7)\times40\text{MPa}=60\sim68\text{MPa}$$

凸缘支承面挤压强度为

$$\sigma_p=\frac{F}{\dfrac{\pi(D_1^2-D^2)}{4}}=\frac{40000}{\dfrac{\pi(75^2-58^2)}{4}}\text{MPa}=23\text{MPa}<[\sigma_p]$$

所以凸缘支承面挤压强度足够。

3）凸缘根部弯曲强度验算

$$\sigma_b = \frac{M}{W} = \frac{F\frac{1}{4}(D_1 - D)}{\frac{\pi D a^2}{6}} = \frac{1.5F(D_1 - D)}{\pi D a^2}$$

$$= \frac{1.5 \times 40000 \times (75 - 58)}{\pi \times 58 \times 16^2}\text{MPa}$$

$$= 21.88\text{MPa} < [\sigma_b] = 40\text{MPa}$$

所以凸缘根部弯曲强度足够。

4）凸缘根部剪切强度验算

$$\tau = \frac{F}{\pi D a} = \frac{40000}{\pi \times 58 \times 16}\text{MPa} = 14\text{MPa} < [\tau] = 30\text{MPa}$$

所以凸缘根部剪切强度足够。

7. 设计计算手柄尺寸

（1）手柄长度的计算

令手柄的扳动力为 F_H（通常取200N左右），手柄长为 L'，扳手转矩为 T，则手柄长度为：$L' = \frac{T}{F_H}$，T 为螺纹力矩与托杯支撑面的摩擦力矩之和：

$$T = T_1 + T_2 = F \times \tan(\psi + \rho_v) \times \frac{d_2}{2} + \frac{1}{3}\mu_v F \frac{D_7^3 - D_0^3}{D_7^2 - D_0^2}$$

式中 μ_v 由表9-5 螺纹副的当量摩擦因数：钢对灰铸铁（托杯为HT200，螺杆头为钢）$\mu_v = 0.12 \sim 0.15$，本题取 $\mu_v = 0.12$。D_0、D_7 及其他结构尺寸见图9-6，具体数值可按下列经验公式计算：

$$D_3 = (0.6 \sim 0.7)d,\ D_6 = (1.7 \sim 1.9)d$$

$$D_5 = (2.4 \sim 2.5)d,\ D_7 = D_6 - (2 \sim 4)\text{mm}$$

$$D_0 = D_3 + (0.5 \sim 2)\text{mm},\ B = (1.4 \sim 1.6)d$$

取托杯的厚度 $\delta \geqslant 10\text{mm}$，$d$ 为螺纹公称直径

$$D_7 = D_6 - (2 \sim 4)\text{mm} = (1.7 \sim 1.9) \times 40\text{mm} - (2 \sim 4)\text{mm} = (68 \sim 76)\text{mm} - (2 \sim 4)\text{mm}$$

本题取 $D_7 = 75\text{mm}$，

$$D_0 = (0.6 \sim 0.7) \times 40\text{mm} + (0.5 \sim 2)\text{mm} = 25\text{mm}$$

$$T = \frac{36.5}{2} \times 40000\tan(3°29'36'' + 5°8'34'')\text{N} \cdot \text{mm} + \frac{1}{3} \times 0.12 \times$$

$$40000 \times \frac{75^3 - 25^3}{75^2 - 25^2}\text{N} \cdot \text{mm} = 240873\text{N} \cdot \text{mm}$$

所以手柄长度为：$L' = \frac{T}{F_H} = \frac{240873}{200}\text{mm} = 1204\text{mm}$

为减小千斤顶的存放空间，一般手柄不大于千斤顶的高度，可取 $L = 600\text{mm}$，使用时加套管。

（2）手柄直径的计算

手柄材料：因为没有特殊要求，因此选用普通碳素钢，本题选择 Q255，假设手柄直径在 6～40mm，查得 $R_{eL}=245\text{MPa}$，取安全系数为 2，许用弯曲应力为：

$$[\sigma_b]=\frac{245}{2}=122.5\text{MPa}$$

手柄直径可按弯曲强度设计：

$$\sigma_b=\frac{M}{W}=\frac{F_H L'}{\frac{\pi}{32}d_k^3}\leqslant[\sigma_b]$$

故 $d_k\geqslant\sqrt[3]{\frac{F_H L'}{0.1[\sigma_b]}}=\sqrt[3]{\frac{200\times1204}{0.1\times122.5}}\text{mm}=26.99\text{mm}$

圆整后取 $d_k=28\text{mm}$

8. 设计托杯、底座

（1）托杯设计

选托杯材料：因为托杯受压，选择灰铸铁 HT200，可查得 $R_m=200\text{MPa}$，由经验公式：

$$[p]=(0.4\sim0.5)R_m=(0.4\sim0.5)\times200\text{MPa}=80\sim100\text{MPa}$$

托杯结构尺寸可参看图 9-6 及其他有关设计资料确定。

由图 9-6 托杯下端面挤压强度为

$$p_{压}=\frac{F}{\frac{\pi(D_7^2-D_0^2)}{4}}=\frac{40000}{\frac{\pi(75^2-25^2)}{4}}\text{MPa}=10.18\text{MPa}<[p]=80\text{MPa}$$

所以托杯强度足够。

（2）底座设计

因为托杯受压，选择灰铸铁 HT200，

如图 9-7 所示，取底座斜度为 1∶10，则有：

$$\frac{\frac{1}{2}(D_2-D)}{H_1}=\frac{1}{10}$$

得　$D_2=\frac{2H_1}{10}+D=\left(\frac{2\times200}{10}+58\right)\text{mm}=98\text{mm}$

圆整后取 $D_2=100\text{mm}$。

$$H_1\approx h'+20=180+20=200\text{mm}$$

直径 D_8 由底座挤压强度确定：

$$\sigma_p=\frac{F}{\frac{\pi}{4}(D_8^2-D_2^2)}\leqslant[\sigma_p]$$

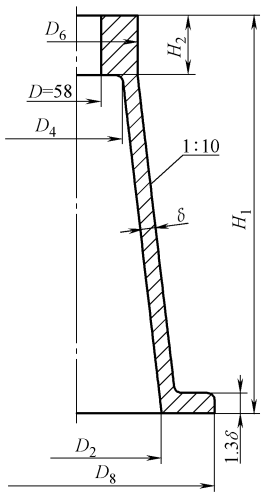


图 9-7　底座结构简图

如底面为混凝土或木材时，取 $[\sigma_p]=2\text{MPa}$，则

$$D_8\geqslant\sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma_p]}+D_2^2}=\sqrt{\frac{4\times40000}{\pi\times2}+100^2}\text{mm}=188.3\text{mm}$$

圆整后取 $D_8=190\text{mm}$

其他尺寸可用下列经验公式确定

$D_4 = D + (5 \sim 10)\,\text{mm}$，

$D_6 = 1.4D$，$H_2 = H' - a$，$\delta = (8 \sim 10)\,\text{mm}$

上述经验公式计算所得结构尺寸均应圆整。

9. 效率计算

$$\eta = \frac{FP}{2\pi T} = \frac{40000 \times 7}{2\pi \times 200 \times 1204} \times 100\% = 18.5\%$$

10. 绘制螺旋千斤顶装配图

装配图可参看图9-8。几点说明：

1）图样规格应符合制图规定；绘图、标题栏和明细栏等均应符合制图标准；图面应注明技术特性及技术要求。

2）装配图尺寸标注应包括总体尺寸（总长、总宽、总高）、特性尺寸（如最大起重高度）、配合尺寸和安装尺寸等。螺母与底座的配合常用$\frac{\text{H8}}{\text{h7}}$或$\frac{\text{H11}}{\text{h11}}$、$\frac{\text{H7}}{\text{k6}}$等。

3）连接螺钉、挡圈、手球等的规格尺寸按结构需要选取或设计。

4）为防止螺母转动，应设紧定螺钉，直径常取M6～M12，根据起重量大小决定。

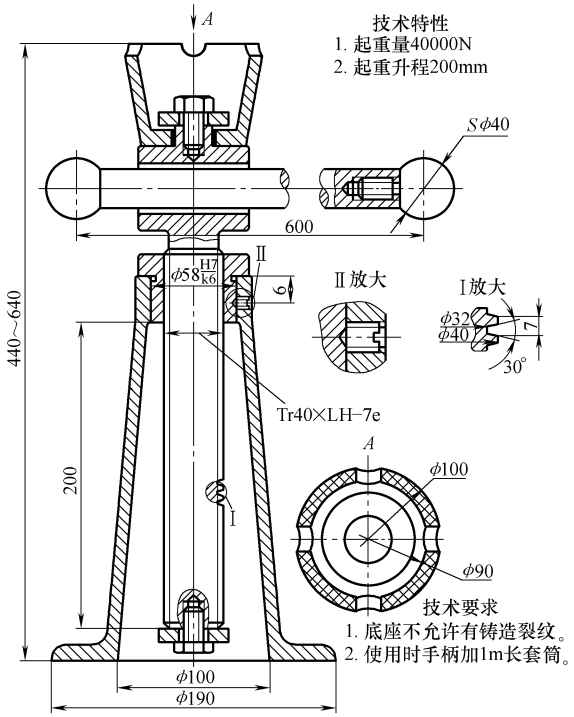


图9-8　螺旋千斤顶装配简图

5）为防止托杯脱落和螺杆旋出螺母，在螺杆上、下两端安装安全挡圈。

6）为减少摩擦、磨损及托杯工作时不转动，螺旋副及托杯与螺杆的接触面均需润滑。

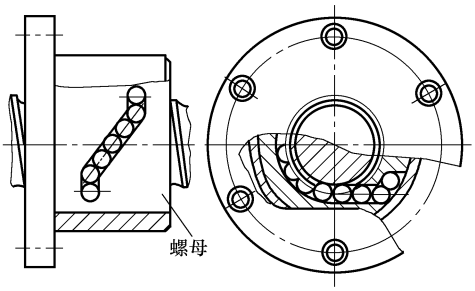
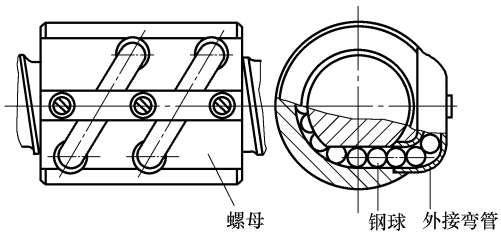
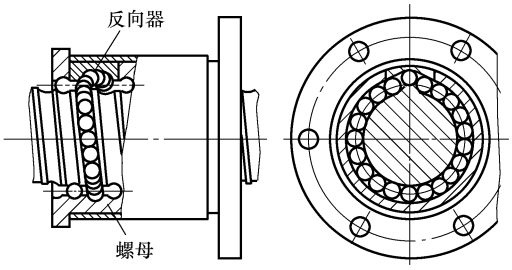
9.1.2　滚动螺旋传动简介

1. 滚动螺旋传动概述

用滚动体在螺纹工作面间滚动的螺旋传动，又称滚珠丝杠传动。螺杆和旋合螺母的螺纹滚道间置有滚动体，当螺杆或螺母转动时，滚动体在螺纹滚道内滚动，使螺杆和螺母作相对运动时为滚动摩擦，提高了传动效率和传动精度。多数滚动螺旋的螺母（或螺杆）上有滚动体的循环通道，工作时形成循环回路，使滚动体在螺纹滚道内循环。

滚动螺旋按滚珠循环方式的不同，分为外循环和内循环两种，其结构和特点见表9-2。

表 9-2　钢球的循环方式

类别	形式	简　图	结　构	特　点
外循环	螺旋槽式		在螺母外圆柱上有螺旋形回球槽，槽的两端有通孔与螺母的螺纹滚道相切，形成钢球循环通道。为引导钢球在通孔内顺利出入，在孔口置有挡球器	结构简单，承载能力较高，回球槽与通孔连接处曲率半径小，钢球的流畅性较差，挡球器端部易磨损
	插管式		将外接弯管的两端插入与螺母螺纹滚道相切的通孔，形成钢球循环通道。孔口有挡球器引导钢球出入通道，弯管有埋入式和凸出式两种 一个螺母上通常有2～3条循环回路	结构简单，工艺性好，弯管可制成钢球流畅性好的通道，应用广泛螺母结构的外形尺寸较大，若用弯管端部作挡球器，耐磨性差
内环式	镶块式		螺母上开有侧孔，孔内镶有反向器，将相邻两螺纹滚道连接起来，钢球从螺纹滚道进入反向器，越过螺杆牙顶，进入相邻螺纹滚道。反向器有固定式和浮动式两种，一个螺母上通常有2～4条循环回路	螺母的径向尺寸小和滑动螺旋副大致相同。钢球循环通道短，有利于减少钢球数量，减小摩擦损失，提高传动效率。返回器回行槽加工要求高；不适于重载传动

钢珠在回路过程中离开螺旋表面的称为外循环，钢珠在整个循环过程中始终不脱离螺旋表面的称为内循环。外循环的导路为一导管，将螺母中几圈滚珠连成一个封闭循环。外循环的螺母加工方便，但径向尺寸较大。为提高传动精度和轴向刚度，除采用滚珠与螺纹选配

外，常用各种调整方法以实现预紧。外循环螺母只需前后各设一个反向器即可，但为了缩短回路滚道的长度也可在一个螺母中分为两个或三个回路。

在 JB/T 3162—2011 中，将滚动螺旋传动称为滚珠丝杠副。根据用途的不同将滚动螺旋副分为两类：定位滚珠丝杠副（称 P 类）和传动滚珠丝杠副（称 T 类）。定位滚珠丝杠副是通过转角或导程来控制轴向位移量的滚珠丝杠副。传动滚珠丝杠副是用于传递动力的滚珠丝杆副，与转角无关。

滚动螺旋传动的摩擦因数、效率、磨损、寿命、抗爬行性能、传动精度和轴向刚度等虽比静压螺旋传动稍差，但远比滑动螺旋传动好。滚动螺旋传动的效率一般在 90% 以上。它不自锁，具有传动的可逆性；但结构复杂，制造精度要求高，抗冲击性能差。它已广泛地应用于机床、飞机、船舶和汽车等要求高精度或高效率的场合。

2. 滚动螺旋传动设计概述

由于滚动螺旋传动的精度要求高，且制造比较复杂，所以一般均由专业厂生产，使用者在设计时通常以选择性计算或校验为主，设计流程如图 9-9 所示。

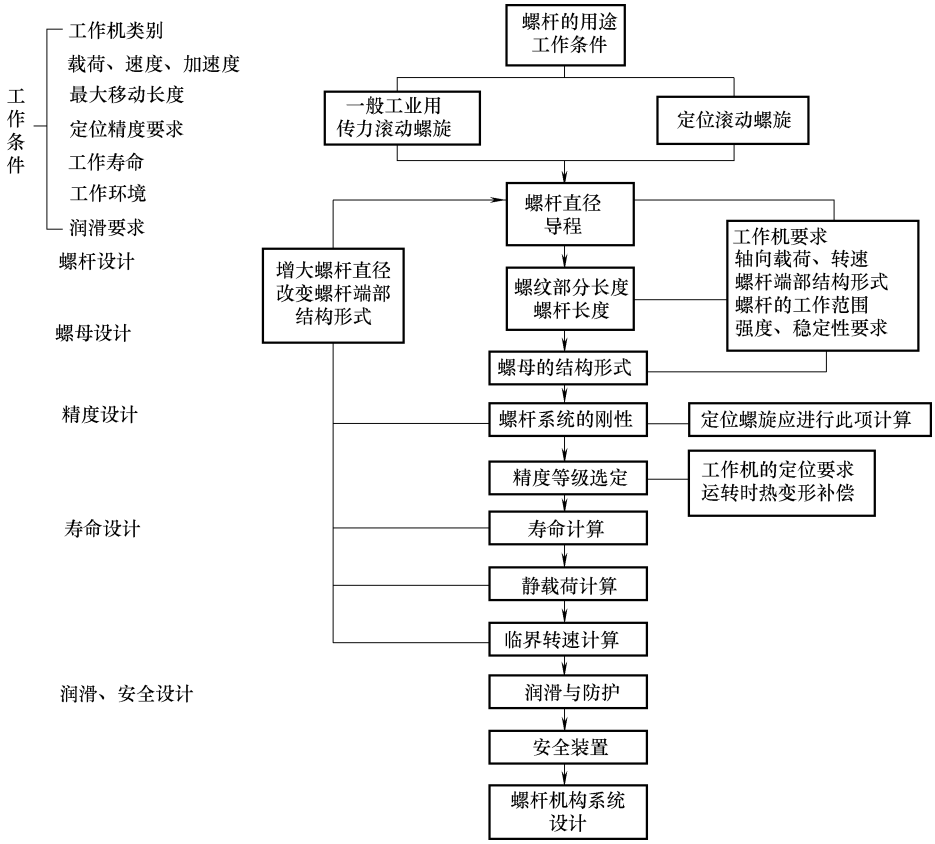


图 9-9　滚动螺旋传动设计框图

9.1.3　静压螺旋传动简介

1. 静压螺旋传动概述

为了降低螺旋传动的摩擦，提高传动效率，并增加螺旋传动的刚性及抗振性能，可以将

静压原理应用于螺旋传动中，螺纹工作面间形成液体静压油膜润滑的螺旋传动称静压螺旋传动。

静压螺旋的结构和工作情况如图 9-10 所示，在静压螺旋中，螺杆仍为一具有梯形螺纹的普通螺杆，但在螺母每圈螺纹牙两个侧面的中径处，各开有 3 ~ 4 个油碗，压力油通过节流器进入油腔，产生一定的油腔压力。

当螺杆未受载荷时，螺杆的螺纹牙位于螺母螺纹牙的中间位置，处于平衡状态。此时，螺杆螺纹牙的两侧间隙相等，经螺纹牙两侧流出的油的流量相等。因此，油腔压力也相等。

当螺杆受轴向载荷时，螺杆沿受载方向产生一定的位移，螺纹牙一侧的间隙减小，另一侧的间隙增大。由于节流器的调节作用，使间隙减小一侧的油腔压力增高；而另一侧的油腔压力降低，于是两侧油腔便形成了压力差，从而使螺杆重新处于平衡状态。

当螺杆承受径向载荷或倾覆力矩时，其工作情况与上述的相同。

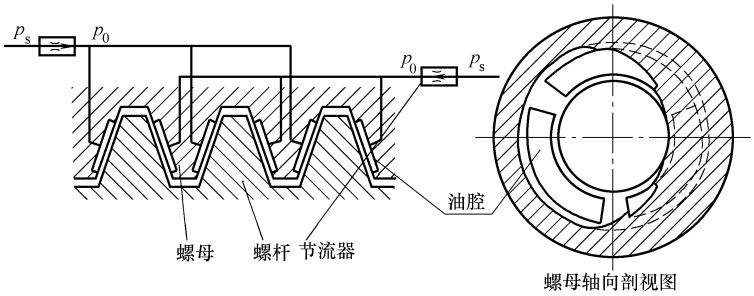


图 9-10　静压螺旋传动示意图

2. 静压螺旋传动的特点

1）摩擦阻力小，效率高（可达 99%）。

2）寿命长，因为螺纹表面不直接接触，因此能长期保持工作精度。

3）传动平稳，低速时无爬行现象。

4）传动和定位精度高。

5）具有传动可逆性，必要时应设置防止逆转机构。

6）需要一套可靠的供油系统，并且螺母结构复杂，加工比较困难。

7）与滑动螺旋和滚动螺旋传动相比，造价较高。

9.1.4　设计标准及规范

9.1.4.1　螺母和螺杆常用材料

螺母材料及选用见表 9-3，螺杆常用材料及热处理方法见表 9-4。

表 9-3　螺母材料及选用

螺母材料	特　点　应　用
ZCuSn10Pb1 ZCuSn10Zn2 ZCuSn5Pb5Zn5	材料耐磨性好，和钢制螺杆配合，摩擦因数低，有较好的抗胶合能力和耐磨性；但强度稍低，适用于用于一般传动

（续）

螺母材料	特 点 应 用
ZCuAl10Fe3 ZCuAl10Fe3 Mn2 ZCuZn25Al6Fe3Mn3	强度高，和钢螺杆配合摩擦因数较低，抗胶合能力较低。用于重载、低速传动。对于尺寸较大或高速传动，螺母可采用钢或铸铁制造，内孔浇注青铜或巴氏合金
35 球墨铸铁	螺旋副的摩擦因数较高，强度高，用于重载调整螺旋
耐磨铸铁	强度高，用于低速、轻载传动

表 9-4 螺杆常用材料及热处理方法

螺杆材料	热处理方法	推荐应用举例
Q235、Q255、45、50	材料不经热处理	用于经常运动、受力不大、转速较低的传动
45	正火 170～200HBW 低温回火 45～50HRC	中等精度的一般传动
40Cr、40CrMn	调质 230～280HBW 淬火 低温回火 45～50HRC	用于重载、转速较高的重要传动
65Mn	表面淬火、低温回火 45～50HRC	
T10、T12	球化调质 200～230HBW 淬火、低温回火 56～60HRC	有较高的耐磨性，用于精度较高的重要传动
20CrMnTi	渗碳、高频淬火 56～62HRC	
9Mn2V、CrWMn	淬火、低温回火 55～60HRC	耐磨性高，有较好的尺寸稳定性，用于精密传导螺旋传动
38CrMoAl	氮化层深 0.45～0.6mm 850HV	

9.1.4.2 螺旋副的当量摩擦因数（见表 9-5）

表 9-5 螺纹副的当量摩擦因数（定期润滑）

螺纹副材料	钢对青铜	钢对耐磨铸铁	钢对灰铸铁	钢对钢	淬火钢对青铜
当量摩擦因数	0.08～0.10	0.10～0.12	0.12～0.15	0.11～0.17	0.06～0.08

注：起动时取大值，运转中取小值。

9.1.4.3 螺杆的长度系数（见表 9-6）

表 9-6 螺杆的长度系数 μ

端部支撑情况	长度系数
两端固定	0.50
一端固定，一端不完全固定	0.60
一端铰支，一端不完全固定	0.70
两端不完全固定	0.75
两端铰支	1.00
一端固定，一端自由	2.00

9.1.4.4　滑动螺旋副的许用压强（见表9-7）

表 9-7　滑动螺旋副的许用压强［p］　　（MPa）

螺杆—螺母材料	滑动速度/(m/min)	许用压强/MPa
钢—青铜	低速	18～25
	≤3.0	11～18
	6～12	7～10
	>15	1～2
淬火钢—青铜	6～12	10～13
钢—铸铁	<2.4	13～18
	6～12	4～7

注：1. 表中数值适用于 $\phi=2.5\sim4$ 的情况。
　　2. 当 $\phi<2.5$ 时，可提高20%；如为剖分螺母时，应降低15%～20%。

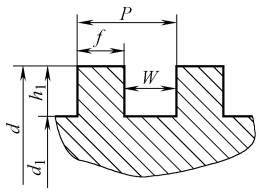
9.1.4.5　螺母和螺杆材料的许用应力（见表9-8）

表 9-8　螺母和螺杆材料的许用应力

螺旋副	材料	许用应力/MPa		
		［σ］	［σ_b］	［τ］
螺杆	钢	$R_{eL}/(3\sim5)$		
螺母	青铜		40～60	30～40
	耐磨铸铁		50～60	40
	铸铁		45～55	40
	钢		(1.0～1.2)［σ］	0.6［σ］

9.1.4.6　矩形螺纹基本尺寸（见表9-9）

表 9-9　矩形螺纹基本尺寸

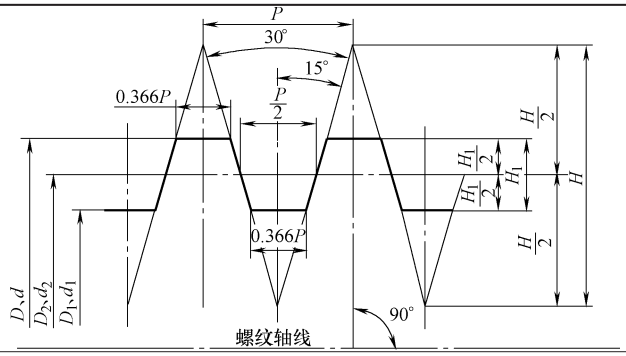


名　　称	公　　式
计算小径 d_1	由强度确定
大径 d(公称)	$d=\frac{5}{4}d_1$(取整)
螺距 P	$P=\frac{1}{4}d_1$(取整)
实际牙型高度 h_1	$h_1=0.5P+(0.1\sim0.2)$
小径 d_1	$d_1=d-2h_1$
牙底宽 W	$W=0.5P+(0.03-0.05)$
牙顶宽 f	$f=P-W$

注：矩形螺纹没有标准化，对于米制矩形螺纹的直径与螺距，可按梯形螺纹直径与螺距选择。

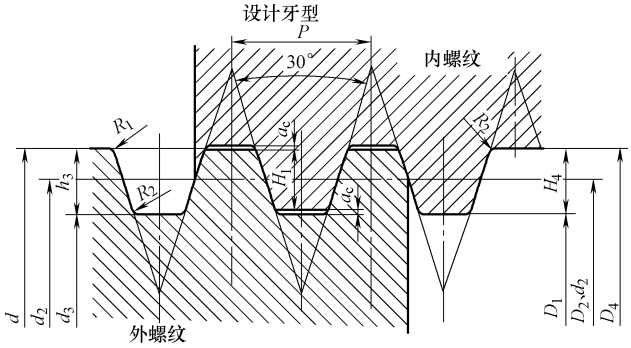
9.1.4.7　梯形螺纹的牙型（见表9-10）

表 9-10　梯形螺纹牙型（摘自 GB/T 5796.1—2005）　　（mm）



（续）

基本牙型尺寸				
螺距 P	H $1.866P$	$H/2$ $0.933P$	H_1 $0.5P$	牙顶和牙底宽 $0.366P$
1.5	2.799	1.400	0.75	0.549
2	3.732	1.866	1	0.732
3	5.598	2.799	1.5	1.098
4	7.464	3.732	2	1.464
5	9.330	4.665	2.5	1.830
6	11.196	5.598	3	2.196
7	13.062	6.531	3.5	2.562
8	14.928	7.464	4	2.928
9	16.794	8.397	4.5	3.294
10	18.660	9.330	5	3.660
12	22.392	11.196	6	4.392
14	26.124	13.062	7	5.124
16	29.856	14.928	8	5.856
18	33.588	16.794	9	6.588
20	37.320	18.660	10	7.320
22	41.052	20.526	11	8.052
24	44.784	22.392	12	8.784
28	52.248	26.124	14	10.248
32	59.712	29.856	16	11.712
36	67.176	33.588	18	13.176
40	74.640	37.320	20	14.640
44	82.104	41.052	22	16.104



$H_4 = h_3 = H_1 + a_c = 0.5P + a_c \quad R_{1max} = 0.5a_c \quad R_{2max} = a_c$

设计牙型的尺寸

螺距 P	a_c	$H_4 = h_3$	R_1 max	R_2 max
1.5	0.15	0.9	0.075	0.15
2	0.25	1.25	0.125	0.25
3	0.25	1.75	0.125	0.25
4	0.25	2.25	0.125	0.25
5	0.25	2.75	0.125	0.25
6	0.5	3.5	0.25	0.5
7	0.5	4	0.25	0.5
8	0.5	4.5	0.25	0.5
9	0.5	5	0.25	0.5

（续）

螺距 P	a_c	$H_4=h_3$	R_1 max	R_2 max
10	0.5	5.5	0.25	0.5
12	0.5	6.5	0.25	0.5
14	1	8	0.5	1
16	1	9	0.5	1
18	1	10	0.5	1
20	1	11	0.5	1
22	1	12	0.5	1
24	1	13	0.5	1
28	1	15	0.5	1
32	1	17	0.5	1
36	1	19	0.5	1
40	1	21	0.5	1
44	1	23	0.5	1

9.1.4.8 梯形螺纹的直径与螺距（见表9-11）

表 9-11 直径与螺距的标准组合系列（摘自 GB/T 5796.2—2005） （mm）

公称直径			螺距																					
第一系列	第二系列	第三系列	44	40	36	32	28	24	22	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1.5
8																								
	9																						2	
10																							2	
	11																					3	2	
12																						3	2	
	14																					3	2	
16																					4		2	
	18																				4		2	
20																					4		2	
	22																8			5		3		
24																	8			5		3		
	26																8			5		3		
28																	8			5		3		
	30														10				6			3		
32															10				6			3		
	34														10				6			3		
36															10				6			3		
	38														10			7				3		
40															10			7				3		
	42														10			7				3		
44														12				7				3		
	46													12			8					3		
48														12			8					3		
	50													12			8					3		
52														12			8					3		
	55												14			9						3		
60													14			9						3		

（续）

公称直径			螺距																					
第一系列	第二系列	第三系列	44	40	36	32	28	24	22	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1.5
	65											16			10						4			
70												16			10						4			
	75											16			10						4			
80												16			10						4			
	85										18			12							4			
90											18			12							4			
	95										18			12							4			
100										20				12							4			
		105								20				12							4			
	110									20				12							4			
		115							22				14						6					
120									22				14						6					
		125							22				14						6					
	130								22				14						6					
		135						24					14						6					
140								24					14						6					
		145						24					14						6					
	150							24				16							6					
		155						24				16							6					
160							28					16							6					
		165					28					16							6					
	170						28					16							6					
		175					28					16					8							
180							28				18						8							
		185				32					18						8							
	190					32					18						8							
		195				32					18						8							
200						32					18						8							
					36					20							8							
220	210				36					20							8							
	230				36					20							8							
240					36				22								8							
	250			40					22					12										
260				40					22					12										
	270			40				24						12										
280				40				24						12										
	290		44					24						12										
300			44					24						12										

注：1. 直径与螺距系列及其选择：应选择与直径处于同一行内的螺距。优先选用第一系列直径，其次选用第二系列直径。新产品设计中，不宜选第三系列直径。优先选用粗黑框内的螺距。如果需要使用规定以外的螺距，则选用表中邻近直径所对应的螺距。

2. 螺纹标记：标准梯形螺纹的标记应由螺纹特征代号“Tr”、公称直径和导程的毫米值、螺距代号“P”和螺距毫米值组成。公称直径与导程之间用“×”号分开；螺距代号“P”和螺距值用圆括号括上。对单线梯形螺纹，其标记应省略圆括号部分（螺距代号“P”和螺距值）。对标准左旋梯形螺纹，其标记内应添加左旋代号“LH”。右旋梯形螺纹不标注其旋向代号。

标记示例

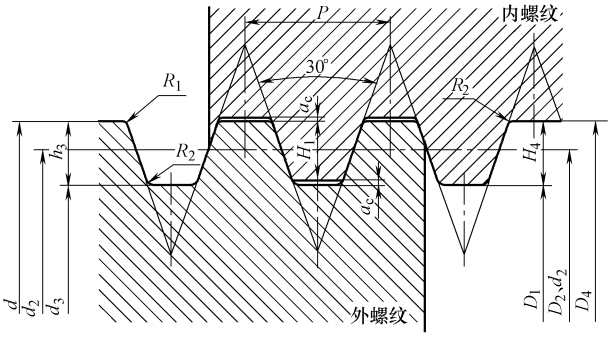
公称直径为40mm、导程和螺距为7mm的右旋单线梯形螺纹标记为：Tr40×7

公称直径为40mm、导程为14mm，螺距为7mm的右旋双线梯形螺纹标记为：Tr40×14(P7)

公称直径为40mm、导程为14mm，螺距为7mm的左旋双线梯形螺纹标记为：Tr40×14(P7)LH

9.1.4.9　梯形螺纹的基本尺寸（见表 9.12）

表 9-12　梯形螺纹基本尺寸（GB/T 5796.3—2005）　　（mm）



设计牙型

$D_1 = d - 2 \times H_1 = d - P$；$d_3 = d - 2h_3 = d - P - 2a_c$；

$D_4 = d + 2a_c$；$d_2 = D_2 = d - H_1 = d - 0.5P$

基本尺寸

公称直径 d			螺距	中径	大径 D_4	小径	
第一系列	第二系列	第三系列	P	$d_2 = D_2$		d_3	D_1
8			1.5	7.250	8.300	6.200	6.500
	9		1.5	8.250	9.300	7.200	7.500
			2	8.000	9.500	6.500	7.000
10			1.5	9.250	10.300	8.200	8.500
			2	9.000	10.500	7.500	8.000
	11		2	10.000	11.500	8.500	9.000
			3	9.500	11.500	7.500	8.000
12			2	11.000	12.500	9.500	10.000
			3	10.500	12.500	8.500	9.000
	14		2	13.000	14.500	11.500	12.000
			3	12.500	14.500	10.500	11.000
16			2	15.000	16.500	13.500	14.000
			4	14.000	16.500	11.500	12.000
	18		2	17.000	18.500	15.500	16.000
			4	16.000	18.500	13.500	14.000
20			2	19.000	20.500	17.500	18.000
			4	18.000	20.500	15.500	16.000
	22		3	20.500	22.500	18.500	19.000
			5	19.500	22.500	16.500	17.000
			8	18.000	23.000	13.000	14.000
24			3	22.500	24.500	20.500	21.000
			5	21.500	24.500	18.500	19.000
			8	20.000	25.000	15.000	16.000
	26		3	24.500	26.500	22.500	23.000
			5	23.500	26.500	20.500	21.000
			8	22.000	27.000	17.000	18.000
28			3	26.500	28.500	24.500	25.000
			5	25.500	28.500	22.500	23.000
			8	24.000	29.000	19.000	20.000

（续）

公称直径 d			螺距	中径	大径 D_4	小径	
第一系列	第二系列	第三系列	P	$d_2=D_2$		d_3	D_1
	30		3	28.500	30.500	26.500	27.000
			6	27.000	31.000	23.000	24.000
			10	25.000	31.000	19.000	20.000
32			3	30.500	32.500	28.500	29.000
			6	29.000	33.000	25.000	26.000
			10	27.000	33.000	21.000	22.000
	34		3	32.500	34.500	30.500	31.000
			6	31.000	35.000	27.000	28.000
			10	29.000	35.000	23.000	24.000
36			3	34.500	36.500	32.500	33.000
			6	33.000	37.000	29.000	30.000
			10	31.000	37.000	25.000	26.000
	38		3	36.500	38.500	34.500	35.000
			7	34.500	39.000	30.000	31.000
			10	33.000	39.000	27.000	28.000
40			3	38.500	40.500	36.500	37.000
			7	36.500	41.000	32.000	33.000
			10	35.000	41.000	29.000	30.000
	42		3	40.500	42.500	38.500	39.000
			7	38.500	43.000	34.000	35.000
			10	37.000	43.000	31.000	32.000
44			3	42.500	44.500	40.500	41.000
			7	40.500	45.000	36.000	37.000
			12	38.000	45.000	31.000	32.000
	46		3	44.500	46.500	42.500	43.000
			8	42.000	47.000	37.000	38.000
			12	40.000	47.000	33.000	34.000
48			3	46.500	48.500	44.500	45.000
			8	44.000	49.000	39.000	40.000
			12	42.000	49.000	35.000	36.000
	50		3	48.500	50.500	46.500	47.000
			8	46.000	51.000	41.000	42.000
			12	44.000	51.000	37.000	38.000
52			3	50.500	52.500	48.500	49.000
			8	48.000	53.000	43.000	44.000
			12	46.000	53.000	39.000	40.000
	55		3	53.500	55.500	51.500	52.000
			9	50.500	56.000	45.000	46.000
			14	48.000	57.000	39.000	41.000
60			3	58.500	60.500	56.500	57.000
			9	55.500	61.000	50.000	51.000
			14	53.000	62.000	44.000	46.000
	65		4	63.000	65.500	60.500	61.000
			10	60.000	66.000	54.000	55.000
			16	57.000	67.000	47.000	49.000
70			4	68.000	70.500	65.500	66.000
			10	65.000	71.000	59.000	60.000
			16	62.000	72.000	52.000	54.000

（续）

公称直径 d			螺距	中径	大径 D_4	小径	
第一系列	第二系列	第三系列	P	$d_2=D_2$		d_3	D_1
	75		4	73.000	75.500	70.500	71.000
			10	70.000	76.000	64.000	65.000
			16	67.000	77.000	57.000	59.000
80			4	78.000	80.500	75.500	76.000
			10	75.000	81.000	69.000	70.000
			16	72.000	82.000	62.000	64.000
	85		4	83.000	85.500	80.500	81.000
			12	79.000	86.000	72.000	73.000
			18	76.000	87.000	65.000	67.000
90			4	88.000	90.500	85.500	86.000
			12	84.000	91.000	77.000	78.000
			18	81.000	92.000	70.000	72.000
	95		4	93.000	95.500	90.500	91.000
			12	89.000	96.000	82.000	83.000
			18	86.000	97.000	75.000	77.000
100			4	98.000	100.500	95.500	96.000
			12	94.000	101.000	87.000	88.000
			20	90.000	102.000	78.000	80.000
		105	4	103.000	105.500	100.500	101.000
			12	99.000	106.000	92.000	93.000
			20	95.000	107.000	83.000	85.000
	110		4	108.000	110.500	105.500	106.000
			12	104.000	111.000	97.000	98.000
			20	100.000	112.000	88.000	90.000
		115	6	112.000	116.000	108.000	109.000
			14	108.000	117.000	99.000	101.000
			22	104.000	117.000	91.000	93.000
120			6	117.000	121.000	113.000	114.000
			14	113.000	122.000	104.000	106.000
			22	109.000	122.000	96.000	98.000
		125	6	122.000	126.000	118.000	119.000
			14	118.000	127.000	109.000	111.000
			22	114.000	127.000	101.000	103.000
	130		6	127.000	131.000	123.000	124.000
			14	123.000	132.000	114.000	116.000
			22	119.000	132.000	106.000	108.000
		135	6	132.000	136.000	128.000	129.000
			14	128.000	137.000	119.000	121.000
			24	123.000	137.000	109.000	111.000
140			6	137.000	141.000	133.000	134.000
			14	133.000	142.000	124.000	126.000
			24	128.000	142.000	114.000	116.000
		145	6	142.000	146.000	138.000	139.000
			14	138.000	147.000	129.000	131.000
			24	133.000	147.000	119.000	121.000
	150		6	147.000	151.000	143.000	144.000
			16	142.000	152.000	132.000	134.000
			24	138.000	152.000	124.000	126.000

（续）

公称直径 d			螺距	中径	大径 D_4	小径	
第一系列	第二系列	第三系列	P	$d_2=D_2$		d_3	D_1
		155	6	152.000	156.000	148.000	149.000
			16	147.000	157.000	137.000	139.000
			24	143.000	157.000	129.000	131.000
160			6	157.000	161.000	153.000	154.000
			16	152.000	162.000	142.000	144.000
			28	146.000	162.000	130.000	132.000
		165	6	162.000	166.000	158.000	159.000
			16	157.000	167.000	147.000	149.000
			28	151.000	167.000	135.000	137.000
	170		6	167.000	171.000	163.000	164.000
			16	162.000	172.000	152.000	154.000
			28	156.000	172.000	140.000	142.000
		175	8	171.000	176.000	166.000	167.000
			16	167.000	177.000	157.000	159.000
			28	161.000	177.000	145.000	147.000
180			8	176.000	181.000	171.000	172.000
			18	171.000	182.000	160.000	162.000
			28	166.000	182.000	150.000	152.000
		185	8	181.000	186.000	176.000	177.000
			18	176.000	187.000	165.000	167.000
			32	169.000	187.000	151.000	153.000
	190		8	186.000	191.000	181.000	182.000
			18	181.000	192.000	170.000	172.000
			32	174.000	192.000	156.000	158.000
		195	8	191.000	196.000	186.000	187.000
			18	186.000	197.000	175.000	177.000
			32	179.000	197.000	161.000	163.000
200			8	196.000	201.000	191.000	192.000
			18	191.000	202.000	180.000	182.000
			32	184.000	202.000	166.000	168.000
	210		8	206.000	211.000	201.000	202.000
			20	200.000	212.000	188.000	190.000
			36	192.000	212.000	172.000	174.000
220			8	216.000	221.000	211.000	212.000
			20	210.000	222.000	198.000	200.000
			36	202.000	222.000	182.000	184.000
	230		8	226.000	231.000	221.000	222.000
			20	220.000	232.000	208.000	210.000
			36	212.000	232.000	192.000	194.000
240			8	236.000	241.000	231.000	232.000
			22	229.000	242.000	216.000	218.000
			36	222.000	242.000	202.000	204.000
	250		12	244.000	251.000	237.000	238.000
			22	239.000	252.000	226.000	228.000
			40	230.000	252.000	208.000	210.000

（续）

公称直径 d			螺距	中径	大径 D_4	小径	
第一系列	第二系列	第三系列	P	$d_2=D_2$		d_3	D_1
260			12	254.000	261.000	247.000	248.000
			22	249.000	262.000	236.000	238.000
			40	240.000	262.000	218.000	220.000
	270		12	264.000	271.000	257.000	258.000
			24	258.000	272.000	244.000	246.000
			40	250.000	272.000	228.000	230.000
280			12	274.000	281.000	267.000	268.000
			24	268.000	282.000	254.000	256.000
			40	260.000	282.000	238.000	240.000
	290		12	284.000	291.000	277.000	278.000
			24	278.000	292.000	264.000	266.000
			44	268.000	292.000	244.000	246.000
300			12	294.000	301.000	287.000	288.000
			24	288.000	302.000	274.000	276.000
			44	278.000	302.000	254.000	256.000

9.1.4.10　梯形螺纹的公差（见表 9-13 ~ 表 9-22）

梯形螺纹公差带如图 9-11 所示。

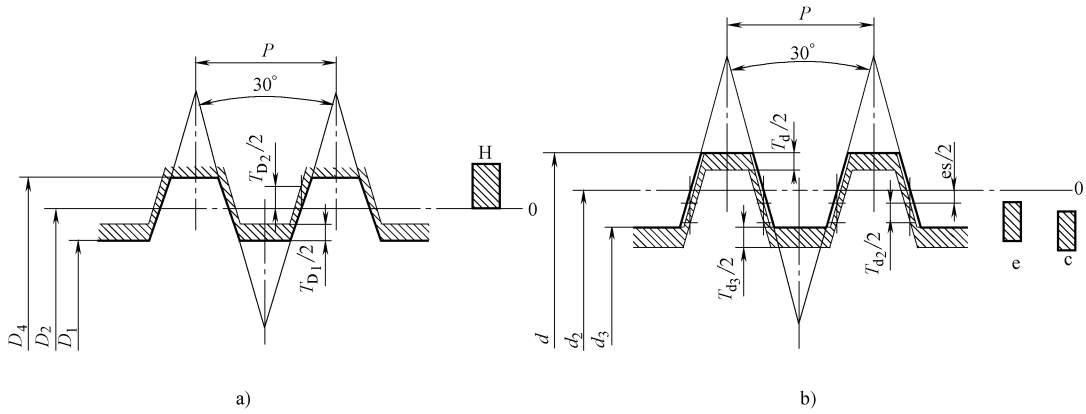


图 9-11　梯形螺纹公差带

a）内螺纹的公差带位置　b）外螺纹的公差带位置

标记示例

完整的梯形螺纹标记应包括螺纹特征代号、尺寸代号、公差带代号和旋合长度代号。

螺纹特征代号和尺寸代号的标注方法见 GB/T 5796.2 的规定。

梯形螺纹的公差带代号仅包含中径公差带代号，公差带代号由公差等级数字和公差带位置字母（内螺纹用大写字母；外螺纹用小写字母）组成。螺纹尺寸代号与公差带代号间用“一”号分开。

标记示例

中径公差带为7H的内螺纹：Tr40×7－7H

中径公差带为7e的外螺纹：Tr40×7－7e

中径公差带为7e的双线、左旋外螺纹：Tr40×14(P7)LH－7e

表示内、外螺纹配合时，内螺纹公差带代号在前，外螺纹公差带代号在后，中间用斜线分开。

标记示例

公差带为7H的内螺纹与公差带为7e的外螺纹组成配合：Tr40×7－7H/7e

公差带为7H的双线内螺纹与公差带为7e的双线外螺纹组成配合：Tr40×14(P7)－7H/7e

对长旋合长度组的螺纹，应在公差带代号后标注代号L。旋合长度代号与公差带间用“－”号分开。

中等旋合长度组螺纹不标注旋合长度代号N。

标记示例

长旋合长度的配合螺纹：Tr40×7－7H/7e－L

中等旋合长度的外螺纹：Tr40×7－7e

表9-13 梯形螺纹中径的基本偏差 (μm)

螺距 P/mm	内螺纹 D_2	外螺纹 d_2	
	H EI	c es	e es
1.5	0	－140	－67
2	0	－150	－71
3	0	－170	－85
4	0	－190	－95
5	0	－212	－106
6	0	－236	－118
7	0	－250	－125
8	0	－265	－132
9	0	－280	－140
10	0	－300	－150
12	0	－335	－160
14	0	－355	－180
16	0	－375	－190
18	0	－400	－200
20	0	－425	－212
22	0	－450	－224
24	0	－475	－236
28	0	－500	－250
32	0	－530	－265
36	0	－560	－280
40	0	－600	－300
44	0	－630	－315

注：1. 按下面规定选取梯形螺纹的公差带位置：内螺纹大径 D_4、中径 D_2 和小径 D_1 的公差带位置为H，其基本偏差EI为零，见图9-11a。

2. 外螺纹中径 d_2 的公差带位置为e和c，其基本偏差es为负值；外螺纹大径 d 和小径 d_3 的公差带位置为 h，其基本偏差es为零，见图9-11b。

3. 外螺纹大径和小径的公差带基本偏差为零，与中径公差带位置无关。

表 9-14　内螺纹小径公差 T_{D1}（μm）

螺距 P/mm	4 级公差
1.5	190
2	236
3	315
4	375
5	450
6	500
7	560
8	630
9	670
10	710
12	800
14	900
16	1000
18	1120
20	1180
22	1250
24	1320
28	1500
32	1600
36	1800
40	1900
44	2000

表 9-15　外螺纹大径公差 T_D（μm）

螺距 P/mm	4 级公差
1.5	150
2	180
3	236
4	300
5	335
6	375
7	425
8	450
9	500
10	530
12	600
14	670
16	710
18	800
20	850
22	900
24	950
28	1060
32	1120
36	1250
40	1320
44	1400

表 9-16　外螺纹小径公差 T_{D1}　（μm）

基本大径 d/mm		螺距 P/mm	中径公差带位置为 c			中径公差带位置为 e		
			公差等级			公差等级		
>	≤		7	8	9	7	8	9
5.6	11.2	1.5	352	405	471	279	332	398
		2	388	445	525	309	366	446
		3	435	501	589	350	416	504
11.2	22.4	2	400	462	544	321	383	465
		3	450	520	614	365	435	529
		4	521	609	690	426	514	595
		5	562	656	775	456	550	669
		8	709	828	965	576	695	832
22.4	45	3	482	564	670	397	479	585
		5	587	681	806	481	575	700
		6	655	767	899	537	649	781
		7	694	813	950	569	688	825
		8	734	859	1015	601	726	882
		10	800	925	1087	650	775	937
		12	866	998	1223	691	823	1048
45	90	3	501	589	701	416	504	616
		4	565	659	784	470	564	689
		8	765	890	1052	632	757	919
		9	811	943	1118	671	803	978
		10	831	963	1138	681	813	988
		12	929	1085	1273	754	910	1098
		14	970	1142	1355	805	967	1180
		16	1038	1213	1438	853	1028	1253
		18	1100	1288	1525	900	1088	1320

（续）

基本大径 d/mm		螺距 P/mm	中径公差带位置为 c			中径公差带位置为 e		
			公差等级			公差等级		
>	≤		7	8	9	7	8	9
90	180	4	584	690	815	489	595	720
		6	705	830	986	587	712	868
		8	796	928	1103	663	795	970
		12	960	1122	1335	785	947	1160
		14	1018	1193	1418	843	1018	1243
		16	1075	1263	1500	890	1078	1315
		18	1150	1338	1588	950	1138	1388
		20	1175	1363	1613	962	1150	1400
		22	1232	1450	1700	1011	1224	1474
		24	1313	1538	1800	1074	1299	1561
		28	1388	1625	1900	1138	1375	1650
180	355	8	828	965	1153	695	832	1020
		12	998	1173	1398	823	998	1223
		18	1187	1400	1650	987	1200	1450
		20	1263	1488	1750	1050	1275	1537
		22	1288	1513	1775	1062	1287	1549
		24	1363	1600	1875	1124	1361	1636
		32	1530	1780	2092	1265	1515	1827
		36	1623	1885	2210	1343	1605	1930
		40	1663	1925	2250	1363	1625	1950
		44	1755	2030	2380	1440	1715	2065

表 9-17 内螺纹中径公差 T_{D2} （μm）

基本大径 d/mm		螺距 P/mm	公差等级		
>	≤		7	8	9
5.6	11.2	1.5	224	280	355
		2	250	315	400
		3	280	355	450
11.2	22.4	2	265	335	425
		3	300	375	475
		4	355	450	560
		5	375	475	600
		8	475	600	750
22.4	45	3	335	425	530
		5	400	500	630
		6	450	560	710
		7	475	600	750
		8	500	630	800
		10	530	670	850
		12	560	710	900
45	90	3	355	450	560
		4	400	500	630
		8	530	670	850
		9	560	710	900
		10	560	710	900
		12	630	800	1000
		14	670	850	1060
		16	710	900	1120
		18	750	950	1180

（续）

基本大径 d/mm		螺距	公差等级		
>	≤	P/mm	7	8	9
90	180	4	425	530	670
		6	500	630	800
		8	560	710	900
		12	670	850	1060
		14	710	900	1120
		16	750	950	1180
		18	800	1000	1250
		20	800	1000	1250
		22	850	1060	1320
		24	900	1120	1400
		28	950	1180	1500
180	355	8	600	750	950
		12	710	900	1120
		18	850	1060	1320
		20	900	1120	1400
		22	900	1120	1400
		24	950	1180	1500
		32	1060	1320	1700
		36	1120	1400	1800
		40	1120	1400	1800
		44	1250	1500	1900

表 9-18　外螺纹中径公差 T_{D2}　（μm）

基本大径 d/mm		螺距	公差等级		
>	≤	P/mm	7	8	9
5.6	11.2	1.5	170	212	265
		2	190	236	300
		3	212	265	335
11.2	22.4	2	200	250	315
		3	224	280	355
		4	265	335	425
		5	280	355	450
		8	355	450	560
22.4	45	3	250	315	400
		5	300	375	475
		6	335	425	530
		7	355	450	560
		8	375	475	600
		10	400	500	630
		12	425	530	670
45	90	3	265	335	425
		4	300	375	475
		8	400	500	630
		9	425	530	670
		10	425	530	670
		12	475	600	750
		14	500	630	800
		16	530	670	850
		18	560	710	900

（续）

基本大径 d/mm		螺距	公差等级		
>	≤	P/mm	7	8	9
90	180	4	315	400	500
		6	375	475	600
		8	425	530	670
		12	500	630	800
		14	530	670	850
		16	560	710	900
		18	600	750	950
		20	600	750	950
		22	630	800	1000
		24	670	850	1060
		28	710	900	1120
180	355	8	450	560	710
		12	530	670	850
		18	630	800	1000
		20	670	850	1060
		22	670	850	1060
		24	710	900	1120
		32	800	1000	1250
		36	850	1060	1320
		40	850	1060	1320
		44	900	1120	1400

表 9-19 螺纹旋合长度 （mm）

基本大径 d		螺距 P	旋合长度		
			N		L
>	≤		>	≤	>
5.6	11.2	1.5	5	15	15
		2	6	19	19
		3	10	28	28
11.2	22.4	2	8	24	24
		3	11	32	32
		4	15	43	43
		5	18	53	53
		8	30	85	85
22.4	45	3	12	36	36
		5	21	63	63
		6	25	75	75
		7	30	85	85
		8	34	100	100
		10	42	125	125
		12	50	150	150
45	90	3	15	45	45
		4	19	56	56
		8	38	118	118
		9	43	132	132
		10	50	140	140
		12	60	170	170
		14	67	200	200
		16	75	236	236
		18	85	265	265

（续）

基本大径 d		螺距 P	旋合长度		
			N		L
>	≤		>	≤	>
90	180	4	24	71	71
		6	36	106	106
		8	45	132	132
		12	67	200	200
		14	75	236	236
		16	90	265	265
		18	100	300	300
		20	112	335	335
		22	118	355	355
		24	132	400	400
		28	150	450	450
180	355	8	50	150	150
		12	75	224	224
		18	112	335	335
		20	125	375	375
		22	140	425	425
		24	150	450	450
		32	200	600	600
		36	224	670	670
		40	250	750	750
		44	280	850	850

表 9-20　内螺纹推荐公差带

公差精度	中径公差带	
	N	L
中等	7H	8H
粗糙	8H	9H

表 9-21　外螺纹推荐公差带

公差精度	中径公差带	
	N	L
中等	7e	8e
粗糙	8c	9c

注：1. 应优先按表 9-20 和表 9-21 的规定选取螺纹公差带。

2. 根据使用场合，选择梯形螺纹的精度等级：中等用于一般用途螺纹；粗糙用于制造螺纹有困难的场合。

3. 如果不能确定螺纹旋合长度的实际值，推荐按中等旋合长度组 N 选取螺纹公差带。

表 9-22　多线螺纹的中径公差修正系数

线数	2	3	4	≥5
修正系数	1.12	1.25	1.4	1.6

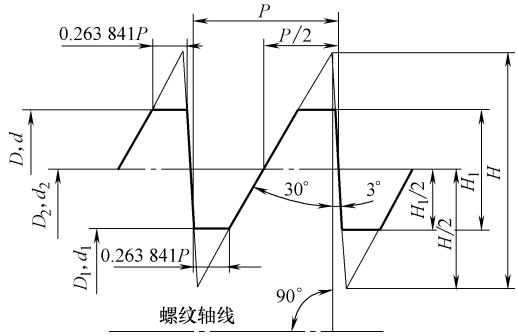
注：1. 多线螺纹的顶径和底径公差与具有相同螺距单线螺纹的顶径和底径公差相等。

2. 多线螺纹的中径公差等于具有相同螺距单线螺纹的中径公差（见表 9-17 和表 9-18）乘以修正系数。修正系数见表 9-22。

9.1.4.11 锯齿形螺纹（3°、30°）的牙型（见表9-23）

表9-23 锯齿形螺纹（3°、30°）的牙型（摘自 GB/T 13576.1—2008） （mm）

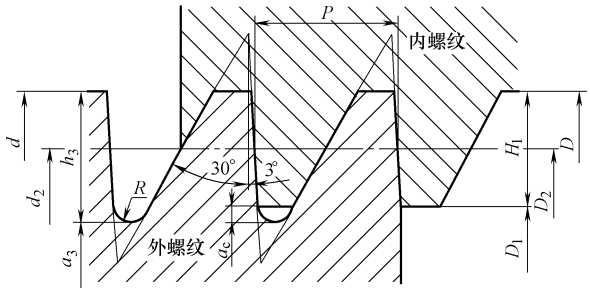
基本牙型



基本牙型尺寸

螺距 P	H 1.587911P	$H/2$ 0.793956P	H_1 0.75P	牙顶和牙底宽 0.263841P
2	3.176	1.588	1.500	0.528
3	4.764	2.382	2.250	0.792
4	6.352	3.176	3.000	1.055
5	7.940	3.970	3.750	1.319
6	9.527	4.764	4.500	1.583
7	11.115	5.558	5.250	1.847
8	12.703	6.352	6.000	2.111
9	14.291	7.146	6.750	2.375
10	15.879	7.940	7.500	2.638
12	19.055	9.527	9.000	3.166
14	22.231	11.115	10.500	3.694
16	25.407	12.703	12.000	4.221
18	28.582	14.291	13.500	4.749
20	31.758	15.879	15.000	5.277
22	34.934	17.467	16.500	5.805
24	38.110	19.055	18.000	6.332
28	44.462	22.231	21.000	7.388
32	50.813	25.407	24.000	8.443
36	57.165	28.582	27.000	9.498
40	63.516	31.758	30.000	10.554
44	69.868	34.934	33.000	11.609

设计牙型



（续）

设计牙型尺寸			
螺距 P	a_c $0.117767P$	h_3 $0.867767P$	R $0.124271P$
2	0.236	1.736	0.249
3	0.353	2.603	0.373
4	0.471	3.471	0.497
5	0.589	4.339	0.621
6	0.707	5.207	0.746
7	0.824	6.074	0.870
8	0.942	6.942	0.994
9	1.060	7.810	1.118
10	1.178	8.678	1.243
12	1.413	10.413	1.491
14	1.649	12.149	1.740
16	1.884	13.884	1.988
18	2.120	15.620	2.237
20	2.355	17.355	2.485
22	2.591	19.091	2.734
24	2.826	20.826	2.983
28	3.297	24.297	3.480
32	3.769	27.769	3.977
36	4.240	31.240	4.474
40	4.711	34.711	4.971
44	5.182	38.182	5.468

9.1.4.12　锯齿形螺纹　螺纹的直径与螺距系列（见表9-24）

表 9-24　锯齿形（3°、30°）螺纹的直径与螺距的标准组合系列

（摘自 GB/T 13576.2—2008）　　（mm）

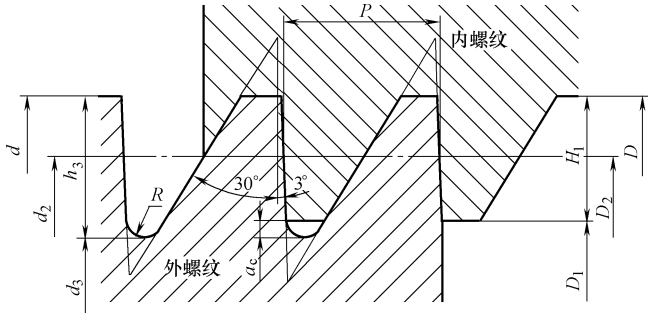
公称直径			螺距																				
第一系列	第二系列	第三系列	44	40	36	32	28	24	22	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2
10																							2
12																						3	2
	14																					3	2
16																					4		2
	18																				4		2
20																					4		2
	22																8			5		3	
24																	8			5		3	
	25																8			5		3	
28																	8			5		3	
	30														10				6			3	
32															10				6			3	
	34														10				6			3	
36															10				6			3	
	38														10			7				3	
40															10			7				3	
	42														10			7				3	
44														12				7				3	
	46													12			8					3	
48														12			8					3	
	50													12			8					3	
52														12			8					3	
	55												14			9						3	
60													14			9						3	
	65											16			10						4		
70												16			10						4		
	75											16			10						4		

（续）

公称直径			螺距																				
第一系列	第二系列	第三系列	44	40	36	32	28	24	22	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2
80												16			10						4		
	85										18			12							4		
90											18			12							4		
	95										18			12							4		
100										20				12							4		
		105								20				12							4		
	110									20				12							4		
		115							22				14						6				
120									22				14						6				
		125							22				14						6				
	130								22				14						6				
		135						24					14						6				
140								24					14						6				
		145						24					14						6				
	150							24				16							6				
		155						24				16							6				
160							28					16							6				
		165					28					16							6				
	170						28					16							6				
		175					28					16						8					
180							28				18							8					
		185				32					18							8					
	190					32					18							8					
		195				32					18							8					
200						32					18							8					
	210				36					20								8					
220					36					20								8					
	230				36					20								8					
240					36				22									8					
	250			40					22						12								
260				40					22						12								
	270			40				24							12								
280				40				24							12								
	290		44					24							12								
300			44					24							12								
	320		44												12								
340			44												12								
	360														12								
380															12								
	400														12								
420												18											
	440											18											
460												18											
	480											18											
500												18											
	520								24														
540									24														
	560								24														
580									24														
	600								24														
620									24														
	640								24														

9.1.4.13　锯齿形螺纹（3°、30°）的基本尺寸（见表9-25）

表 9-25　锯齿形（3°、30°）螺纹的基本尺寸（摘自 GB/T 13576.3—2008）　　（mm）



公称直径 d			螺距	中径	小径	
第一系列	第二系列	第三系列	P	$d_2=D_2$	d_3	D_1
10			2	8.500	6.529	7.000
12			2	10.500	8.529	9.000
			3	9.750	6.793	7.500
	14		2	12.500	10.529	11.000
			3	11.750	8.793	9.500
16			2	14.500	12.529	13.000
			4	13.500	9.058	10.000
	18		2	16.500	14.529	15.000
			4	15.000	11.058	12.000
20			2	18.500	16.529	17.000
			4	17.000	13.058	14.000
	22		3	19.750	16.793	17.500
			5	18.250	13.322	14.500
			8	16.000	8.116	10.000
24			3	21.750	18.793	19.500
			5	20.250	15.322	16.500
			8	18.000	10.116	12.000
	26		3	23.750	20.793	21.500
			5	22.250	17.322	18.500
			8	20.000	12.116	14.000
28			3	25.750	22.793	23.500
			5	24.250	19.322	20.500
			8	22.000	14.116	16.000
	30		3	27.750	24.793	25.500
			6	25.500	19.587	21.000
			10	22.500	12.645	15.000
32			3	29.750	26.793	27.500
			6	27.500	21.587	23.000
			10	24.500	14.645	17.000
	34		3	31.750	28.793	29.500
			6	29.500	23.587	25.000
			10	26.500	16.645	19.000
36			3	33.750	30.793	31.500
			6	31.500	25.587	27.000
			10	28.500	18.645	21.000

（续）

公称直径 d			螺距	中径	小径	
第一系列	第二系列	第三系列	P	$d_2=D_2$	d_3	D_1
	38		3	35.750	32.793	33.500
			7	32.750	25.851	27.500
			10	30.500	20.645	23.000
40			3	37.750	34.793	35.500
			7	34.750	27.851	29.500
			10	32.500	22.645	25.000
	42		3	39.750	36.793	37.500
			7	36.750	29.851	31.500
			10	34.500	24.645	27.000
44			3	41.750	38.793	39.500
			7	38.750	31.851	33.500
			12	35.000	23.174	26.000
	46		3	43.750	40.793	41.500
			8	40.000	32.116	34.000
			12	37.000	25.174	28.000
48			3	45.750	42.793	43.500
			8	42.000	34.116	36.000
			12	39.000	27.174	30.000
	50		3	47.750	44.793	45.500
			8	44.000	36.116	38.000
			12	41.000	29.174	32.000
52			3	49.750	46.793	47.500
			8	46.000	38.116	40.000
			12	43.000	31.174	34.000
	55		3	52.750	49.793	50.500
			9	48.250	39.380	41.500
			14	44.500	30.703	34.000
60			3	57.750	54.793	55.500
			9	53.250	44.380	46.500
			14	49.500	35.703	39.000
	65		4	62.000	58.058	59.000
			10	57.500	47.645	50.000
			16	53.000	37.231	41.000
70			4	67.000	63.058	64.000
			10	62.500	52.645	55.000
			16	58.000	42.231	46.000
	75		4	72.000	68.058	69.000
			10	67.500	57.645	60.000
			16	63.000	47.231	51.000
80			4	77.000	73.058	74.000
			10	72.500	62.645	65.000
			16	68.000	52.231	56.000
	85		4	82.000	78.058	79.000
			12	76.000	64.174	67.000
			18	71.500	53.760	58.000
90			4	87.000	83.058	84.000
			12	81.000	69.174	72.000
			18	76.500	58.760	63.000

（续）

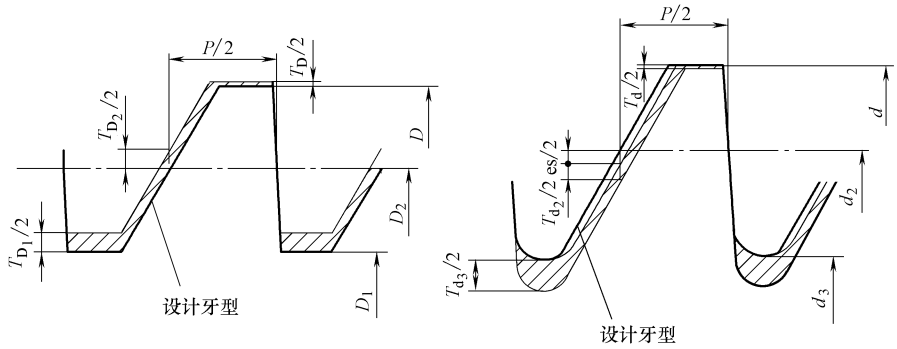
公称直径 d			螺距	中径	小径	
第一系列	第二系列	第三系列	P	$d_2=D_2$	d_3	D_1
	95		4	92.000	88.058	89.000
			12	86.000	74.174	77.000
			18	81.500	63.760	68.000
100			4	97.000	93.058	94.000
			12	91.000	79.174	82.000
			20	85.000	65.289	70.000
		105	4	102.000	98.058	99.000
			12	96.000	84.174	87.000
			20	90.000	70.289	75.000
	110		4	107.000	103.058	104.000
			12	101.000	89.174	92.000
			20	95.000	75.289	80.000
		115	6	110.500	104.587	106.000
			14	104.500	90.703	94.000
			22	98.500	76.818	82.000
120			6	115.500	109.587	111.000
			14	109.500	95.703	99.000
			22	103.500	81.818	87.000
		125	6	120.500	114.587	116.000
			14	114.500	100.703	104.000
			22	108.500	86.818	92.000
	130		6	125.500	119.587	121.000
			14	119.500	105.703	109.000
			22	113.500	91.818	97.000
		135	6	130.500	124.587	126.000
			14	124.500	110.703	114.000
			24	117.000	93.347	99.000
140			6	135.500	129.587	131.000
			14	129.500	115.703	119.000
			24	122.000	98.347	104.000
		145	6	140.500	134.587	136.000
			14	134.500	120.703	124.000
			24	127.000	103.347	109.000
	150		6	145.500	139.587	141.000
			16	138.000	122.231	126.000
			24	132.000	108.347	114.000
		155	6	150.500	144.587	146.000
			16	143.000	127.231	131.000
			24	137.000	113.347	119.000
160			6	155.500	149.587	151.000
			16	148.000	132.231	136.000
			28	139.000	111.405	118.000
		165	6	160.500	154.587	156.000
			16	153.000	137.231	141.000
			28	144.000	116.405	123.000
	170		6	165.500	159.587	161.000
			16	158.000	142.231	146.000
			28	149.000	121.405	128.000

（续）

公称直径 d			螺距	中径	小径	
第一系列	第二系列	第三系列	P	$d_2=D_2$	d_3	D_1
			8	169.000	161.116	163.000
		175	16	163.000	147.231	151.000
			28	154.000	126.405	133.000
			8	174.000	166.116	168.000
180			18	166.500	148.760	153.000
			28	159.000	131.405	138.000
			8	179.000	171.116	173.000
		185	18	171.500	153.760	158.000
			32	161.000	129.463	137.000
			8	184.000	176.116	178.000
	190		18	176.500	158.760	163.000
			32	166.000	134.463	142.000
			8	189.000	181.116	183.000
		195	18	181.500	163.760	168.000
			32	171.000	139.463	147.000
			8	194.000	186.116	188.000
200			18	186.500	168.760	173.000
			32	176.000	144.463	152.000
			8	204.000	196.116	198.000
	210		20	195.000	175.289	180.000
			36	183.000	147.521	156.000
			8	214.000	206.116	208.000
220			20	205.000	185.289	190.000
			36	193.000	157.521	166.000
			8	224.000	216.116	218.000
	230		20	215.000	195.289	200.000
			36	203.000	167.521	176.000
			8	234.000	226.116	228.000
240			22	223.500	201.818	207.000
			36	213.000	177.521	186.000
			12	241.000	229.174	232.000
	250		22	233.500	211.818	217.000
			40	220.000	180.579	190.000

9.1.4.14　锯齿形螺纹（3°、30°）的公差（见表9-26～表9-35）

表9-26　锯齿形（3°、30°）螺纹的公差（摘自 GB/T 13576.4—2008）



内螺纹的公差带位置　　外螺纹的公差带位置

（续）

锯齿形螺纹中径的基本偏差 （μm）

螺距 P/mm	内螺纹 D_2	外螺纹 d_2		螺距 P/mm	内螺纹 D_2	外螺纹 d_2	
	H EI	c es	e es		H EI	c es	e es
2	0	-150	-71	14	0	-355	-180
3	0	-170	-85	16	0	-375	-190
4	0	-190	-95	18	0	-400	-200
5	0	-212	-106	20	0	-425	-212
6	0	-236	-118	22	0	-450	-224
7	0	-250	-125	24	0	-475	-236
8	0	-265	-132	28	0	-500	-250
9	0	-280	-140	32	0	-530	-265
10	0	-300	-150	36	0	-560	-280
12	0	-335	-160	40	0	-600	-300
				44	0	-630	-315

注：1. 按下面规定选取锯齿形螺纹中径和小径的公差等级。其中外螺纹的小径 d_3 与其中径 d_2 应选取相同的公差等级。
2. 内螺纹中径 D_2、外螺纹中径 d_2、外螺纹小径 d_3 取公差等级为7、8、9级；内螺纹小径 D_1 取4级。
3. 锯齿形内螺纹大径和外螺纹大径的公差等级分别为 GB/T 1800.3—1998 所规定的 IT10 和 IT9。

表 9-27 内螺纹小径公差（T_{D_1}） （μm）

螺距 P/mm	4级公差	螺距 P/mm	4级公差
2	236	18	1120
3	315	20	1180
4	375	22	1250
5	450	24	1320
6	500	28	1500
7	560	32	1600
8	630	36	1800
9	670	40	1900
10	710	44	2000
12	800		
14	900		
16	1000		

表 9-28 内、外螺纹大径公差

公称直径 d/mm		内螺纹大径公差 T_D	外螺纹大径公差 T_d
>	≤	H10	h9
6	10	58	36
10	18	70	43
18	30	84	52
30	50	100	62
50	80	120	74
80	120	140	87
120	180	160	100
180	250	185	115
250	315	210	130
315	400	230	140
400	500	250	155
500	630	280	175
630	800	320	200

表 9-29 外螺纹小径公差 T_{d_3} (μm)

基本大径 d/mm		螺距 P/mm	中径公差带位置为 c			中径公差带位置为 e		
			公差等级			公差等级		
>	≤		7	8	9	7	8	9
5.6	11.2	2	388	445	525	309	366	446
		3	435	501	589	350	416	504
11.2	22.4	2	400	462	544	321	383	465
		3	450	520	614	365	435	529
		4	521	609	690	426	514	595
		5	562	656	775	456	550	669
		8	709	828	965	576	695	832
22.4	45	3	482	564	670	397	479	585
		5	587	681	806	481	575	700
		6	655	767	899	537	649	781
		7	694	813	950	569	688	825
		8	734	859	1015	601	726	882
		10	800	925	1087	650	775	937
		12	866	998	1223	691	823	1048
45	90	3	501	589	701	416	504	616
		4	565	659	784	470	564	689
		8	765	890	1052	632	757	919
		9	811	943	1118	671	803	978
		10	831	963	1138	681	813	988
		12	929	1085	1273	754	910	1098
		14	970	1142	1355	805	967	1180
		16	1038	1213	1438	853	1028	1253
		18	1100	1288	1525	900	1088	1320
90	180	4	584	690	815	489	595	720
		6	705	830	986	587	712	868
		8	796	928	1103	663	795	970
		12	960	1122	1335	785	947	1160
		14	1018	1193	1418	843	1018	1243
		16	1075	1263	1500	890	1078	1315
		18	1150	1338	1588	950	1138	1388
		20	1175	1363	1613	962	1150	1400
		22	1232	1450	1700	1011	1224	1474
		24	1313	1538	1800	1074	1299	1561
		28	1388	1625	1900	1138	1375	1650
180	355	8	828	965	1153	695	832	1020
		12	998	1173	1398	823	998	1223
		18	1187	1400	1650	987	1200	1450
		20	1263	1488	1750	1050	1275	1537
		22	1288	1513	1775	1062	1287	1549
		24	1363	1600	1875	1124	1361	1636
		32	1530	1780	2092	1265	1515	1827
		36	1623	1885	2210	1343	1605	1930
		40	1663	1925	2250	1363	1625	1950
		44	1755	2030	2380	1440	1715	2065
355	640	12	1035	1223	1460	870	1058	1295
		18	1238	1462	1725	1038	1263	1525
		24	1363	1600	1875	1124	1361	1636
		44	1818	2155	2530	1503	1840	2215

表 9-30　内螺纹中径公差（T_{D_2}）　（μm）

基本大径 d/mm		螺距	公差等级		
>	≤	P/mm	7	8	9
5.6	11.2	2	250	315	400
		3	280	355	450
11.2	22.4	2	265	335	425
		3	300	375	475
		4	355	450	560
		5	375	475	600
		8	475	600	750
22.4	45	3	335	425	530
		5	400	500	630
		6	450	560	710
		7	475	600	750
		8	500	630	800
		10	530	670	850
		12	560	710	900
45	90	3	355	450	560
		4	400	500	630
		8	530	670	850
		9	560	710	900
		10	560	710	900
		12	630	800	1000
		14	670	850	1060
		16	710	900	1120
		18	750	950	1180
90	180	4	425	530	670
		6	500	630	800
		8	560	710	900
		12	670	850	1060
		14	710	900	1120
		16	750	950	1180
		18	800	1000	1250
		20	800	1000	1250
		22	850	1060	1320
		24	900	1120	1400
		28	950	1180	1500
180	355	8	600	750	950
		12	710	900	1120
		18	850	1060	1320
		20	900	1120	1400
		22	900	1120	1400
		24	950	1180	1500
		32	1060	1320	1700
		36	1120	1400	1800
		40	1120	1400	1800
		44	1250	1500	1900
355	640	12	760	950	1200
		18	900	1120	1400
		24	950	1180	1480
		44	1290	1610	2000

表 9-31 外螺纹中径公差（T_{d_2}） （μm）

基本大径 d/mm		螺距	公差等级		
>	≤	P/mm	7	8	9
5.6	11.2	2	190	236	300
		3	212	265	335
11.2	22.4	2	200	250	315
		3	224	280	355
		4	265	335	425
		5	280	355	450
		8	355	450	560
22.4	45	3	250	315	400
		5	300	375	475
		6	335	425	530
		7	355	450	560
		8	375	475	600
		10	400	500	630
		12	425	530	670
45	90	3	265	335	425
		4	300	375	475
		8	400	500	630
		9	425	530	670
		10	425	530	670
		12	475	600	750
		14	500	630	800
		16	530	670	850
		18	560	710	900
90	180	4	315	400	500
		6	375	475	600
		8	425	530	670
		12	500	630	800
		14	530	670	850
		16	560	710	900
		18	600	750	950
		20	600	750	950
		22	630	800	1000
		24	670	850	1060
		28	710	900	1120
180	355	8	450	560	710
		12	530	670	850
		18	630	800	1000
		20	670	850	1060
		22	670	850	1060
		24	710	900	1120
		32	800	1000	1250
		36	850	1060	1320
		40	850	1060	1320
		44	900	1120	1400
355	640	12	560	710	900
		18	670	850	1060
		24	710	900	1120
		44	950	1220	1520

表 9-32 旋合长度 （mm）

基本大径 d		螺距 P	旋合长度		
			N		L
>	≤		>	≤	>
5.6	11.2	2	6	19	19
		3	10	28	28
11.2	22.4	2	8	24	24
		3	11	32	32
		4	15	43	43
		5	18	53	53
		8	30	85	85
22.4	45	3	12	36	36
		5	21	63	63
		6	25	75	75
		7	30	85	85
		8	34	100	100
		10	42	125	125
		12	50	150	150
45	90	3	15	45	45
		4	19	56	56
		8	38	118	118
		9	43	132	132
		10	50	140	140
		12	60	170	170
		14	67	200	200
		16	75	236	236
		18	85	265	265
90	180	4	24	71	71
		6	36	106	106
		8	45	132	132
		12	67	200	200
		14	75	236	236
		16	90	265	265
		18	100	300	300
		20	112	335	335
		22	118	355	355
		24	132	400	400
		28	150	450	450
180	355	8	50	150	150
		12	75	224	224
		18	112	335	335
		20	125	375	375
		22	140	425	425
		24	150	450	450
		32	200	600	600
		36	224	670	670
		40	250	750	750
		44	280	850	850
355	640	12	87	260	260
		18	132	390	390
		24	174	520	520
		44	319	950	950

注：锯齿形螺纹旋合长度分为中等旋合长度组 N 和长旋合长度 L，各组的长度范围见本表。

表 9-33　内螺纹推荐公差带

精度等级	中径公差带	
	N	L
中等	7H	8H
粗糙	8H	9H

表 9-34　外螺纹推荐公差带

精度等级	中径公差带	
	N	L
中等	7e	8e
粗糙	8c	9c

注：1. 应优先按表 9-33 和表 9-34 的规定选取螺纹公差带。

2. 根据使用场合，选择锯齿形螺纹的精度等级：中等用于一般用途的螺纹；粗糙用于制造螺纹有困难的场合。如果不能确定螺纹旋合长度的实际值，推荐按中等旋合长度组 N 选取螺纹公差带。

表 9-35　多线螺纹的中径公差修正系数

线数	2	3	4	≥5
修正系数	1.12	1.25	1.4	1.6

注：1. 多线螺纹的顶径和底径公差与具有相同螺距单线螺纹的顶径和底径公差相等。

2. 多线螺纹的中径公差等于具有相同螺距单线螺纹的中径公差（表 9-30 和表 9-31）乘以修正系数。修正系数见本表。

标记示例

中径公差带为 7H 的内螺纹：B40×7-7H；

中径公差带为 7e 的外螺纹：B40×7-7e；

中径公差带为 7e 的双线、左旋外螺纹：B40×14（P7）LH-7e。

表示内、外螺纹配合时，内螺纹公差带代号在前，外螺纹公差带代号在后，中间用“/”号分开。

标记示例

公差带为 7H 的内螺纹与公差带为 7e 的外螺纹组成配合：B40×7-7H/7e；

公差带为 7H 的双线内螺纹与公差带为 7e 的双线外螺纹组成配合：B40×14（P7）-7H/7e。

对长旋合长度组的螺纹，应在公差带代号后标注代号“L”，旋合长度代号与公差带间用“-”号分开。中等旋合长度组螺纹不标注旋合长度代号“N”。

标记示例

长旋合长度的配合螺纹：B40×7-7H/7e-L；

中等旋合长度的外螺纹：B40×7-7e。

9.1.4.15　滚动螺旋传动的公称直径和基本导程（见表 9-36）

表 9-36　滚动轴承的公称直径和基本导程（GB/T 17587.2—1998）　　（mm）

优先组合				
公称直径	公称导程			
6	2.5			
8	2.5			
10	2.5	5		
12	2.5	5	10	
16	2.5	5	10	
20		5	10	20

（续）

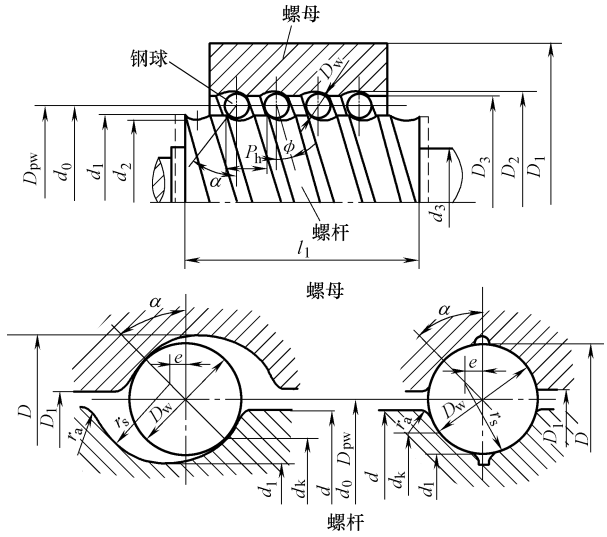
公称直径	公称导程				
25		5	10	20	
32		5	10	20	
40		5	10	20	40
50		5	10	20	40
63		5	10	20	40
80			10	20	40
100			10	20	40
125			10	20	40
160				20	40
200				20	40

一般组合　　mm

公称直径	公称导程														
6	1	2	2.5												
8	1	2	2.5	3											
10	1	2	2.5	3	4	5	6								
12		2	2.5	3	4	5	6	8	10	12					
16		2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16				
20				3	4	5	6	8	10	12	16	20			
25					4	5	6	8	10	12	16	20	25		
32					4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	
40						5	6	8	10	12	16	20	25	32	40
50						5	6	8	10	12	16	20	25	32	40
63						5	6	8	10	12	16	20	25	32	40
80							6	8	10	12	16	20	25	32	40
100									10	12	16	20	25	32	40
125									10	12	16	20	25	32	40
160										12	16	20	25	32	40
200										12	16	20	25	32	40

9.1.4.16　滚动螺旋副的尺寸（见表9-37）

表 9-37　滚动螺旋副的几何尺寸　　（mm；角度为°）

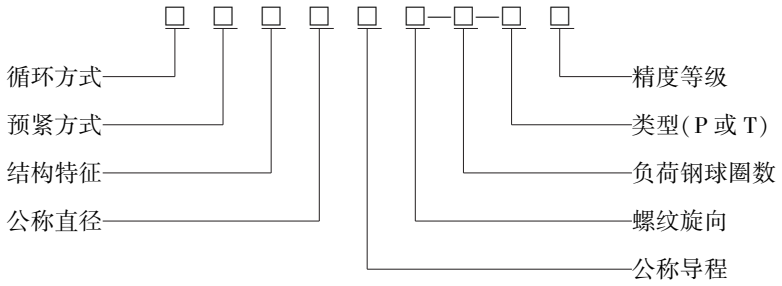


（续）

主要尺寸		符号	计算公式
螺纹滚道	公称直径、节圆直径	d_0、D_{pw}	一般 $d_0=D_{pw}$，标准系列可查相关手册
	导程	P_h	标准系列可查相关手册
	接触角	α	$\alpha=45°$
	钢球直径	D_w	$D_w\approx0.6P_h$
	螺杆、螺母螺纹滚道半径	r_s、r_n	$r_s(r_n)=(0.51\sim0.56)D_w$
	偏心距	e	$e=\left(r_s-\frac{D_w}{2}\right)\sin\alpha$
	螺纹导程角	ϕ	$\phi=\arctan\frac{P_h}{\pi d_0}=\arctan\frac{P_h}{\pi D_{pw}}$
螺杆	螺杆大径	d	$d=d_0-(0.2\sim0.25)D_w$
	螺杆小径	d_1	$d_1=d_0+2e-2r_s$。
	螺杆接触点直径	d_k	$d_k=d_0-D_w\cos\alpha$
	螺杆牙顶圆角半径(内循环用)	r_a	$r_a=(0.1\sim0.15)D_w$
	轴径直径	d_3	由结构和强度确定
螺母	螺母螺纹大径	D	$D=d_0-2e+2r_n$
	螺母螺纹小径	D_1	外循环 $D_1=d_0+(0.2\sim0.25)D_w$ 内循环 $D_1=d_0+0.5(d_0-d)$

9.1.4.17　滚动螺旋副的型号标注

滚动螺旋副的型号根据其结构、精度和螺纹旋向等特征，按下列格式编写。



各种特征代号表示如下：

1）循环方式代号：内循环浮动式—F；
　　内循环固定式—G；
　　外循环插管式—C。

2）预紧方式代号：单螺母变位导程预紧—B；
　　单螺母增大钢球直径预紧—Z；
　　双螺母垫片预紧—D；
　　双螺母齿差预紧—C；
　　双螺母圆螺母预紧—L；
　　单螺母无预紧—W。

3）结构特征：埋入式外插管—M；
　　凸出式外插管—T。

4）螺纹旋向代号：右旋—不标注，左旋—LH。

5）类型代号：定位滚动螺旋副—P；
　　传力滚动螺旋副—T。

标注示例

外循环插管式，双螺母垫片预紧，外插管埋入式滚动螺旋副，公称直径为 50mm，基本导程为 10mm，螺纹旋向右旋，负荷钢球圈数为 3 圈，3 级精度定位滚动螺旋（参见图9-12）的型号为：

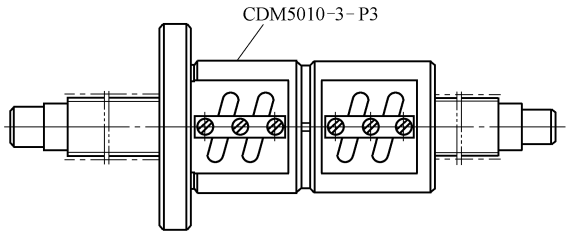
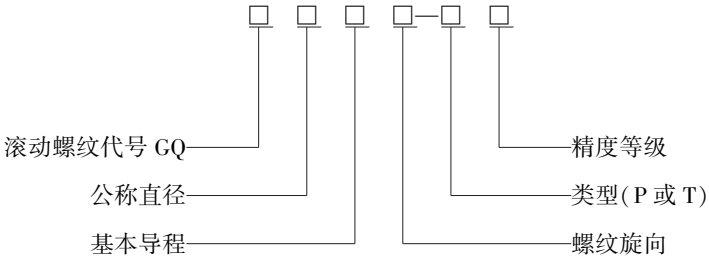


图 9-12　滚动螺旋副型号的标注

螺旋副螺纹代号标注的表示方法如下：



标注示例如图 9-13 和图 9-14 所示。

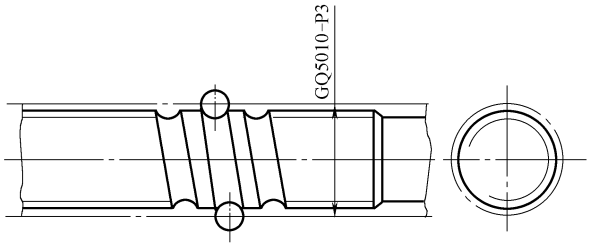


图 9-13　滚动螺旋副外螺纹的标注

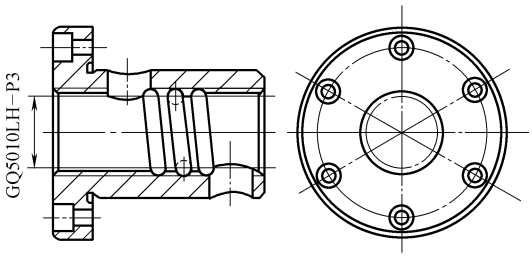


图 9-14　滚动螺旋副内螺纹的标注

9.1.4.18　常用内、外循环滚动螺旋副的尺寸系列及其承载能力（见表 9-38、表 9-39）

表 9-38 常用内循环滚动螺旋副的尺寸系列及其承载能力

导程 P_h/mm			5			6			8		
钢球直径 D_W/mm			3.175$\left(\frac{1}{8}\text{in}\right)$			3.969$\left(\frac{5}{32}\text{in}\right)$			4.763$\left(\frac{3}{16}\text{in}\right)$		
圈数×列数			1×2	1×3	1×4	1×2	1×3	1×4	1×2	1×3	1×4
公称直径 d_0/mm	25	ψ	3°39′			4°22′			5°49′		
		C_a	9650	12800	15700	12800	17000	20800	16200	21500	26300
		C_{oa}	23100	34650	46200	28200	42300	56400	33750	50650	67750
	32	ψ	2°51′			3°25′			4°33′		
		C_a	10900	14500	17700	14750	19600	24000	18850	25000	30600
		C_{oa}	30150	45200	60300	37600	56450	75250	45100	67600	90150
	40	ψ	2°17′			2°44′			3°39′		
		C_a	12100	16050	19600	16300	21650	26450	20900	27750	33900
		C_{oa}	36200	57300	76400	47100	70650	94200	56450	84700	112900
	50	ψ	1°49′			2°11′			2°55′		
		C_a	13300	17700	21650	18050	24000	29250	22900	30400	40300
		C_{oa}	48250	72400	96550	59700	89550	119400	70100	105200	140250
	63	ψ	1°27′			1°44′			2°19′		
		C_a	14700	19550	23900	19900	26400	32300	25650	34050	41650
		C_{oa}	61400	92100	122750	75450	113200	150950	90500	135800	181000

导程 P_h/mm			10			12			16			20		
钢球直径 D_W/mm			5.953$\left(\frac{15}{64}\text{in}\right)$			7.144$\left(\frac{9}{32}\text{in}\right)$			9.525$\left(\frac{3''}{8}\text{in}\right)$			12.70$\left(\frac{1}{2}\text{in}\right)$		
圈数×列数			1×2	1×3	1×4	1×2	1×3	1×4	1×2	1×3	1×4	1×2	1×3	1×4
公称直径 d_0/mm	25	ψ	7°15′											
		C_a	21300	28350	34500									
		C_{oa}	42000	63000	84000									
	32	ψ	5°41′											
		C_a	24100	32050	39200									
		C_{oa}	52850	79300	105700									
	40	ψ	4°33′			5°24′								
		C_a	28150	37400	45700	34750	46150	56450						
		C_{oa}	70400	156500	140800	81100	121650	162200						
	50	ψ	3°39′			4°22′			5°49′					
		C_a	31200	41450	50700	38750	51500	63000	54900	74900	91600			
		C_{oa}	83200	132300	176400	101600	152450	203250	135050	202600	270100			

（续）

导程 P_h/mm			10			12			16			20		
钢球直径 D_W/mm			$5.953\left(\frac{15}{64}\text{in}\right)$			$7.144\left(\frac{9}{32}\text{in}\right)$			$9.525\left(\frac{3}{8}\text{in}\right)$			$12.70\left(\frac{1}{2}\text{in}\right)$		
圈数×列数			1×2	1×3	1×4	1×2	1×3	1×4	1×2	1×3	1×4	1×2	1×3	1×4
公称直径 d_0/mm	63	ψ	2°54′			3°28′			4°37′			5°40′		
		C_a	34900	46300	56600	44000	58400	71400	63550	84400	103250	224000	336100	44810
		C_{oa}	113000	169500	226000	132200	198300	264400	171500	257250	343000	224000	336100	44810
	80	ψ	2°17′			2°44′			3°39′			4°33′		
		C_a	38800	51500	63000	49700	66000	80800	72700	965400	118100	103800	137900	168650
		C_{oa}	144900	217300	289800	172900	259400	345900	225800	338700	451600	288800	433200	577600
	100	ψ	1°49′			2°11′			2°55′			3°39′		
		C_a	42300	56200	68750	54100	71900	87900	79700	105800	129400	117000	155400	190100
		C_{oa}	180400	270600	360800	213900	320800	427800	280400	420600	560900	369350	554050	73850

表 9-39　常用外循环滚动螺旋副的尺寸系列及其承载能力

导程 P_h/mm			4		5		6		8	
钢球直径 D_W/mm			$2.381\left(\frac{3}{32}\text{in}\right)$		$3.175\left(\frac{1}{8}\text{in}\right)$		$3.969\left(\frac{5}{32}\text{in}\right)$		$4.763\left(\frac{3}{16}\text{in}\right)$	
圈数×列数			2.5×1	3.5×1	2.5×1	3.5×1	2.5×1	3.5×1	2.5×1	3.5×1
公称直径 d_0/mm	16	ψ	4°33′		5°41′					
		C_a	6300	8000	8750	11100				
		C_{oa}	14100	19700	17550	24550				
	20	ψ	3°39′		4°33′		5°24′		7°15′	
		C_a	7000	8850	10000	12650	13100	16550	16700	21150
		C_{oa}	17650	24700	22550	31600	27400	38350	33600	47050
	25	ψ	2°55′		3°39′		4°22′		5°49′	
		C_a	7700	9700	11300	14300	14950	18950	18950	23950
		C_{oa}	21900	30650	28850	40400	35250	49350	42200	59100
	32	ψ	2°17′		2°51′		3°25′		4°33′	
		C_a	8700	11000	12750	16100	17250	21850	22000	27850
		C_{oa}	28950	40550	37700	52750	47050	65840	56350	42200
	40	ψ			2°17′		2°44′		3°39′	
		C_a			14100	17900	19050	24100	24400	30900
		C_{oa}			47750	66850	58900	82400	70550	98800
	50	ψ			1°49′		2°11′		2°55′	
		C_a			15600	19760	21250	26700	27750	33850
		C_{oa}			60350	84500	74600	10450	87650	122700
	63	ψ			1°27′		1°44′		2°19′	
		C_a			17200	21800	23250	29400	29950	37900
		C_{oa}			76750	107450	94350	132050	113150	158400

（续）

导程 P_h/mm			10		12		16		20	
钢球直径 D_W/mm			5.953$\left(\frac{15}{64}\text{in}\right)$		7.144$\left(\frac{9}{32}\text{in}\right)$		9.525$\left(\frac{3}{8}\text{in}\right)$		12.70$\left(\frac{1}{2}\text{in}\right)$	
圈数×列数			2.5×1	3.5×1	2.5×1	3.5×1	2.5×1	3.5×1	2.5×1	3.5×1
公称直径 d_0 /mm	16	ψ								
		C_a								
		C_{oa}								
	20	ψ								
		C_a								
		C_{oa}								
	25	ψ	7°15′							
		C_a	24950	31550						
		C_{oa}	52500	73550						
	32	ψ	5°41′		6°48′					
		C_a	28200	35700	36350	46000				
		C_{oa}	66050	92500	82000	114750				
	40	ψ	4°33′		5°24′					
		C_a	32900	41650	40600	51400				
		C_{oa}	88000	12320	101400	141950				
	50	ψ	3°39′		4°22′		5°49′			
		C_a	36450	46150	4530	57350	65900	83450		
		C_{oa}	110250	154350	127050	177850	168800	236350		
	63	ψ	2°54′		3°48′		4°37′			
		C_a	40750	51600	51400	65050	74300	94050		
		C_{oa}	141250	197750	165250	231300	214400	300150		
	80	ψ	2°17′		2°44′		3°39′		4°33′	
		C_a	45300	57350	50100	73550	85000	107550	121400	153600
		C_{oa}	181100	253600	216150	302600	2882250	395100	361000	505400
	100	ψ	1°49′		2°11′		2°55′		3°39′	
		C_a	49500	62650	63250	80100	93150	117900	136800	172100
		C_{oa}	225500	315700	267350	374300	350550	490750	461700	646400

9.1.4.19　滚动螺旋副的材料及热处理（见表9-40）

表9-40　滚动螺旋副的材料及其热处理

类别	适用范围	材料	热处理	硬度HRC
精密螺杆	滚道长度≤1m	20CrMo	渗碳、淬火	58～62
	滚道长度≤2.5m	42CrMo	高中频加热、表面淬火	
	滚道长度>2.5m	38CrMoAl	氮化	850(HV)
普通螺杆	各种尺寸	50Mn、60Mn、55	高中频加热、表面淬火	58～62
	d_0≤40mm	GCr15	整体淬火、低温回火	
	d_0≤40mm、滚道长度≤2m	9Mn2V		
	d_0>40mm	GCr15SiMn		
	d_0>40～80mm、滚道长度≤2m	CrWMn		
抗蚀螺杆		9Cr18	中频加热、表面淬火	56～58
螺母		GCr15、CrWMn、9Cr18	整体淬火、低温回火	60～62
		20CrMnTi 12Cr2Ni4	渗碳、淬火	
反向器	内循环	CrWMn、GCr15	整体淬火、低温回火	
		20CrMnTi 20Cr、40Cr	离子氮化	850(HV)
挡球器	外循环	45、65Mn	整体淬火、低温回火	40～50

注：1. 螺杆滚道长度≥1m或精度要求高时，硬度可略低，但不得低于56HRC。
2. 表面硬化层应保证磨削后的深度为：中频淬火≥2mm；高频淬火≥1mm；氮化≥0.4mm。

9.1.4.20　滚动螺旋副的计算（见表9-41～表9-46）

表9-41　滚动螺旋副的计算

项目	符号	单位	计算公式和参数选择	备注
选定滚动螺旋副的结构形式，确定公称直径和导程	d_0 P_h	mm		根据工作机类别和工作要求选定
平均载荷	F_m	N	变载荷，稳定转速按下式计算 $F_m=\sqrt[3]{\sum_{i=1}^{k}F_i^3q_i}$ 变载荷，变转速按下式计算 $F_m=\sqrt[3]{\sum_{i=1}^{k}\frac{F_i^3n_iq_i}{n_m}}$	F_i——轴向变载荷(N) q_i——相应载荷的工作时间与总工作时间的比值(%)
			$F_m=\frac{2F_{max}+F_{min}}{3}$	载荷在F_{max}和F_{min}间周期性变化时用此式
平均转速	n_m	r/min	$n_m=\sum_{i=1}^{k}n_iq_i$	n_i——各种工作转速(r/min)； q_i——相应转速的工作时间与总工作时间的比值(%)

（续）

项目		符号	单位	计算公式和参数选择	备注
寿命计算	基本额定动载荷	C_a	N	$C'_a = K_F F_m 10^{-2} (L_n)^{\frac{1}{3}} \leqslant C_a$ $L_n = 60 n_m L_h$	K_F——载荷系数，见表9-42 L_n——预期工作寿命(r) L_h——预期工作寿命(h) C_a——对于推荐尺寸系列，见表9-38和表9-39
	寿命系数	K_h		$K_h = \left(\frac{L_h}{500}\right)^{\frac{1}{3}}$	L_h——工作寿命(h)，见表9-43
	转速系数	K_n		$K_n = \left(\frac{33.3}{n}\right)^{\frac{1}{3}}$	n——转速(r/min)，变转速时用n_m代入
	寿命条件			$C_a \geqslant \frac{K_h}{K_n} K_F K_L K_H F$	F——轴向载荷(N)，变载荷时用F_m代入 K_H——硬度影响系数，表9-44 K_L——短行程系数，表9-45 按寿命决定尺寸时，应满足此条件
静载荷计算	基本额定静载荷	C_{oa}	N	$C'_{oa} = F_d F_{max} \leqslant C_{oa}$	F_d——静态安全系数，一般情况取1～2，有冲击与振动取2～3 C_{oa}——对于推荐尺寸系列可见表9-38和表9-39
	静载荷条件			$C_{oa} \geqslant K_F K'_H F$	K'_H——静载荷时的硬度影响系数，见表9-44
螺杆强度		σ	MPa	见本章滑动螺旋设计实例：螺杆强度计算	传力螺旋应进行此项计算
稳定性	临界载荷	F_c	N	见本章滑动螺旋设计实例	长径比大的受压螺杆应进行此项计算
螺杆系统的刚度		$K_{\Sigma a}$	N/mm	$K_{\Sigma a} = \frac{F}{\Sigma \delta_i}$ $\delta L = \delta L_T \pm \delta L_F$ $= \frac{16TL^2}{\pi^2 G d_1^4} \pm \frac{4FL}{\pi E d_1^2}$	$\Sigma\delta_i$——螺杆系统各轴向弹性变形量之和，含转矩和轴向载荷产生的总变形δL(轴向载荷与运动方向相反取正号)和钢球和螺纹滚道弹性接触变形以及轴承的变形。定位传动螺旋应进行此项计算 T——传递转矩(N·mm) L——螺杆工作长度(mm) G——螺杆材料切变模量，钢取$G = 8.3 \times 10^4$ MPa d_1——螺杆根径(mm) E——螺杆材料弹性模量，钢取$E = 2.07 \times 10^5$ MPa

（续）

项目		符号	单位	计算公式和参数选择	备注
钢球和螺纹滚道产生轴向弹性接触变形量		δ_a	mm	当$\frac{r_s}{D_w}=\frac{r_n}{D_w}=0.52$ 无预紧时 $\delta_a=8.04\times10^{-4}K_z\sqrt[3]{\frac{1}{D_w}(\frac{F}{z_\Sigma})^2}$ 双螺母预紧时 $\delta_a=\frac{3\times10^{-4}K_z}{\sqrt[3]{D_wF_{ao}}}\cdot\frac{F}{z_\Sigma}$ 当$\frac{r_s}{D_w}=\frac{r_n}{D_w}=0.55$ 无预紧时 $\delta_a=9.93\times10^{-4}K_z\sqrt[3]{\frac{1}{D_w}(\frac{F}{z_\Sigma})^2}$ 双螺母预紧时 $\delta_a=\frac{3.7\times10^{-4}K_z}{\sqrt[3]{D_wF_{ao}}}\cdot\frac{F}{z_\Sigma}$	D_w——钢球直径(mm) z_Σ——工作螺母的钢球数量，$z_\Sigma=z\times$圈数×列数 z——一圈螺纹内的钢球数量 F_{ao}——预紧力(N) K_z——载荷分布不均系数，与制造精度有关，通常取=1.2～1.3
横向振动	临界转速	n_c	r/min	$n_c=302\mu_1^2\sqrt{\frac{EL}{mL^3}}$ 对于钢制螺杆 $n_c=12.3\times10^6\frac{\mu_1^2d_1}{L^2}$ 应使转速 $n\leqslant0.8n_c$	转速较高，支承距离较大的螺杆应进行此计算 μ_1——与螺杆端部结构有关的系数，表9-28； m——螺杆的总质量(kg)
驱动转矩		T	N·m	$T=T_1+T_2+T_3$ $T_1=F\frac{d_0}{2}\tan(\psi+\rho')$	T_1——螺纹副的摩擦转矩(N·m) T_2、T_3——支承面的摩擦转矩(N·m) d_0——公称直径(mm) ψ——螺纹升角(°) ρ'——螺旋副的当量摩擦角(°) 精确计算时尚需考虑传动零件的惯性
效率		η		由旋转运动变为直线运动时 $\eta=\frac{\tan\psi}{\tan(\psi+\rho')}$ $\tan\rho'=0.0025$ 由直线运动变为旋转运动时 $\eta=\frac{\tan(\psi-\rho')}{\tan\psi}$ $\tan\rho'=0.0035$	有预紧力时是轴向载荷为预紧3倍时的效率，低于此值时，η 略有降低，空转时 η 最低

表 9-42　载荷系数 K_F

载荷性质	系数 K_F
平均和轻微冲击	1.0～1.2
中等冲击	1.2～1.5
较大冲击和振动	1.5～2.5

表 9-43　滚动螺旋副的寿命要求

机械类别	寿命 L_n/h
普通机械	5000～10000
普通金属切削机床	10000
数控机床、精密机械	15000
测试机械、仪器	15000
航空机械	1000

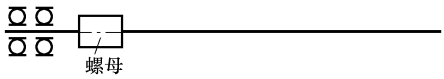
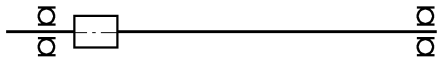
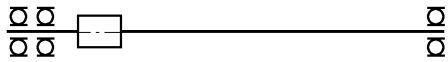
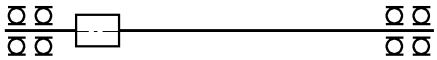
表 9-44　硬度影响系数 K_H、K'_H

硬度(HRC)	≥58	55	52.5	50	47.5	45	40
系数 K_H	1.0	1.11	1.35	1.56	1.92	2.40	3.85
静载荷时 K'_H	1.0	1.11	1.40	1.67	2.10	2.65	4.50

表 9-45　短行程系数 K_L

行程	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	≥2.2
短行程系数 K_L	1.3	1.22	1.16	1.1	1.06	1.03	1.00

表 9-46　与螺杆端部结构有关的系数 μ_1

螺杆端部结构	简图	系数 μ_1
一端固定,一端自由		1.875
两端铰支		3.142
一端固定,一端铰支		3.927
两端固定		4.730

9.2　带传动

9.2.1　基本设计计算方法

9.2.1.1　带传动工作原理

带传动是工程中常用的一种传动方式，是典型的摩擦传动。带传动是利用张紧在带轮上的带与轮之间的摩擦力在两轴（或多轴）间传递运动或动力，环形传动的带通常采用易弯曲的挠性材料制成。

带的工作原理如图 9-15 所示：小带轮在电动机的驱动下顺时针旋转，带要阻碍带轮的运动，作用于带轮的摩擦力逆时针方向如图中 $\sum f_1$；而带轮作用于带的摩擦力与带作用于轮的摩擦力互为作用力与反作用力，为顺时针方向，即图中 $\sum f_3$，因此带在摩擦力的作用下以角速度 ω_1 顺时针旋转。大轮作用于带的摩擦力方向与带的运动方向相反，为逆时针，即图中 $\sum f_4$。同理，带作用于带轮的摩擦力为顺时针，如图中的 $\sum f_2$。因此从动轮在摩擦力的驱动下顺时针旋转。

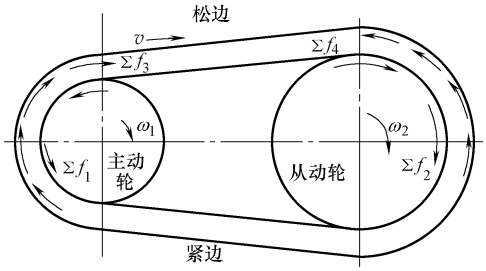


图 9-15　带传动工作原理图

9.2.1.2　带传动受力分析

带工作前两边拉力相等（即初拉力 F_0）；工作时，由于带所受摩擦力的作用（如图9-15），使带下边的拉力由 F_0 增大至 F_1，即紧边拉力，另一边（上边）的拉力由 F_0 减小至 F_2，为松边拉力，拉力差 $F_1 - F_2$ 即为有效拉力 F，其数值等于沿带轮接触弧上摩擦力之总和，即：

$$F = F_1 - F_2 = \sum f \tag{9-1}$$

若带的总长不变，紧边拉力的增量应等于松边拉力的减量，即：

$$F_1 - F_0 = F_0 - F_2$$

所以

$$F_1 + F_2 = 2F_0 \tag{9-2}$$

带在即将打滑的临界状态紧边拉力与松边拉力之比的关系应符合弹性体的欧拉公式，即：

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\alpha} \tag{9-3}$$

如果考虑离心力则式（9-3）变为：$\dfrac{F_1 - qv^2}{F_2 - qv^2} = e^{\mu\alpha}$

联立式（9-1）、式（9-3）可得紧边拉力 F_1、松边拉力 F_2 和有效拉力 F 之间的关系式：

$$F_1 = F\frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} \tag{9-4}$$

$$F_2 = F\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \tag{9-5}$$

$$F = F_1\left(1 - \frac{1}{e^{\mu\alpha}}\right) \tag{9-6}$$

式中 μ——带和带轮之间的摩擦因数（对 V 带传动用当量摩擦因数 μ_v）；

α——带在小带轮上的包角（rad）；

q——每米带长的质量（kg/m）。

9.2.1.3 带传动应力分析

带在工作时所受拉应力不仅由拉力产生，还受离心力和弯曲变形的影响。

1. 由紧边和松边拉力产生的拉应力

紧边拉应力 σ_1：

$$\sigma_1 = F_1/A \tag{9-7}$$

松边拉应力 σ_2：

$$\sigma_2 = F_2/A \tag{9-8}$$

式中 A——传动带的横截面积（mm^2）。

2. 由离心力产生的拉应力 σ_c

当带在带轮上作圆周运动时，由于本身的质量将产生离心力，由此产生的离心拉力 F_c 作用在带的全长上，其大小按式（9-9）计算

$$F_c = qv^2 \tag{9-9}$$

式中 q——传动带每米长的质量（kg/m）；

v——带速（m/s）。

离心力产生的拉应力为：

$$\sigma_c = F_c/A = qv^2/A \tag{9-10}$$

3. 绕过带轮处弯曲应力 σ_b

$$\sigma_b = \frac{2Ey}{d} \tag{9-11}$$

式中 E——带的弹性模量（MPa）；

y——带的最外层到节面（中性层）的距离（mm）；

d——带轮的基准直径（mm）。

最大应力发生在紧边绕入小带轮之处，其值为紧边拉应力、离心拉应力与小带轮的弯曲应力之和，即：

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_c + \sigma_{b1} \qquad (9\text{-}12)$$

带的应力分布图及最大应力点如图9-16所示。交变应力的作用将引起带的疲劳失效，表现为脱层、撕裂、拉断，限制了带的使用寿命。

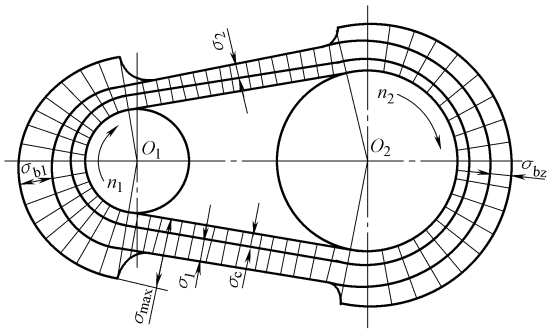


图9-16　带传动应力分布

9.2.1.4　带传动弹性滑动与打滑

1. 弹性滑动

（1）弹性滑动的概念及后果

由于带是弹性体，受力不同时，带的变形量也不相同，如图9-17所示：在主动轮上，当带从紧边 a 点转到松边 b 点时，拉力由 F_1 逐渐降至 F_2，带因弹性变形渐小而回缩，带的运动滞后于带轮。也就是说，带与带轮之间产生了相对滑动。同样发生在从动轮上，但带的运动超前于带轮。这种由于带的弹性变形而引起的带与带轮之间的相对滑动，称为弹性滑动，又称丢转。弹性滑动是带传动的固有特性，不可避免。

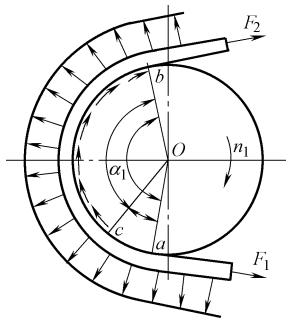


图9-17　带的弹性滑动

弹性滑动将引起下列后果：① 从动轮的圆周速度低于主动轮的圆周速度；② 降低了传动效率；③ 引起带的磨损；④ 使带的温度升高。

（2）弹性滑动率

由弹性滑动引起从动轮轮缘圆周速度，相对于主动轮轮缘圆周速度的减小率称为滑动率（或滑动系数），用 ε 表示，可以表示为

$$\varepsilon = \frac{v_1 - v_2}{v_1} = 1 - \frac{n_2 d_2}{n_1 d_1} \qquad (9\text{-}13)$$

传动比

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} \qquad (9\text{-}14)$$

从动轮转速

$$n_2 = (1-\varepsilon) n_1 d_1 / d_2 \qquad (9\text{-}15)$$

带传动的滑动率 ε 通常为0.01～0.02，在一般计算中可忽略不计。

$$i \approx d_2 / d_1 \qquad (9\text{-}16)$$

2. 打滑

当带传递载荷超过极限摩擦力时，带的弹性滑动普及全部接触弧，称“打滑”，这是由于超载引起的，是应该避免的。

9.2.1.5　带传动的失效形式和设计准则

1. 带传动的失效形式

带传动的主要失效形式有：

1）打滑：过载造成带与轮的全面滑动，一旦打滑，带传动失效，带剧烈磨损。

2）带的疲劳破坏：由于交变应力的作用，当最大应力 $\sigma_{max}=\sigma_1+\sigma_c+\sigma_{b1}$ 超过了皮带的许用应力［σ］时，将引起带的疲劳破坏而失效，表现为脱层、撕裂、拉断。限制了带的使用寿命。

2. 设计准则

带传动的设计准则是：在保证带传动不打滑的前提下，带具有一定的疲劳强度和寿命。

（1）带的疲劳强度条件

由式（9-12）可知带的最大应力为：$\sigma=\sigma_1+\sigma_c+\sigma_{b1}$，满足带不被疲劳拉断的强度条件是：

$$\sigma_{max}=\sigma_1+\sigma_c+\sigma_{b1}\leqslant[\sigma] \tag{9-17}$$

$$或\ \sigma_1\leqslant[\sigma]-\sigma_c-\sigma_{b1}$$

式中　［σ］——在特定条件下由带的疲劳强度决定的许用应力（MPa）。

（2）带在不打滑时的最大有效圆周力

带的最大有效圆周力 $F_{max}=F_1-F_2$，与欧拉公式 $\frac{F_1}{F_2}=e^{\mu\alpha}$ 联立得出带在不打滑时的最大有效圆周力为

$$F_{max}=F_1-F_2=F_1(1-\frac{1}{e^{\mu\alpha}}) \tag{9-18}$$

（3）额定功率

带的设计准则应该是既不打滑又不发生疲劳断裂，要想不打滑就必须满足欧拉公式（式 9-6）；要想不发生疲劳断裂就必须满足带的疲劳强度条件（式 9-17），以上二式联立即得出单根带能传递的力；但是实际应用中习惯用功率表示，因此带既不打滑且具有足够疲劳强度时单根带所能传递的功率 P_0（kW）为

$$P_0=\frac{([\sigma]-\sigma_c-\sigma_{b1})(1-\frac{1}{e^{\mu\alpha}})Av}{1000} \tag{9-19}$$

该式为计算各种摩擦带单根带所能传递功率的基本公式，再根据带的计算功率 P_d 除以单根带所能传递功率 P_0，即得出带的根数，当然还要考虑一些系数等细节，见 V 带传动的设计框图（图 9-20）及设计实例。

9.2.1.6　V 带传动设计

9.2.1.6.1　普通 V 带传动设计计算实例

设计一个带式输送机中的高速级普通 V 带传动。已知该传动系统由 Y 系列三相异步电动机驱动，输出功率 $P=5.5$kW，满载转速 $n_1=1440$r/min，从动轮转速 $n_2=550$r/min，单班制工作，传动水平布置。

1. 设计计算步骤

设计项目及依据和计算结果见表 9-47。

表 9-47 设计项目及依据和计算结果

设计项目及依据	设计结果
1. 求计算功率 P_d 带式输送机载荷变动小，故由表 9-51 查得工况系数 $K_A=1.1$ $P_d=K_AP=1.1\times5.5\text{kW}=6.05\text{kW}$	$K_A=1.1$ $P_d=6.05\ \text{kW}$
2. 选取 V 带型号 根据 P_d，n_1 参考图 9-24 初选 A 型 V 带	A 型
3. 确定带轮直径 d_{d1}、d_{d2} (1)选小带轮直径 d_{d1}：查表 9-72，A 型带最小带轮直径为 75mm，可见 A 型带有多种带轮直径可选，带轮直径越小，结构越紧凑，但弯曲应力过大，本题取 $d_{d1}=112\text{mm}$(也可取其他值)。	$d_{d1}=112\text{mm}$
(2)验算带速 v $v=\dfrac{\pi d_{d1}n_1}{60\times1000}=\dfrac{\pi\times112\times1440}{60\times1000}\text{m/s}\approx8.45\text{m/s}$	$v\approx8.45\text{m/s}$，在 5 ~ 25m/s 之间，满足要求
(3)确定从动轮基准直径 d_{d2} $d_{d2}=\dfrac{n_1}{n_2}d_{d1}=\dfrac{1440}{550}\times112\text{mm}\approx293.24\text{mm}$ 按表 9-72 取接近的标准值，即取 $d_{d2}=280\text{mm}$	取 $d_{d2}=280\text{mm}$
(4)计算实际传动比 i 当忽略滑动率时：$i=d_{d2}/d_{d1}=280/112=2.5$	$i=2.5$
(5)验算传动比相对误差 题目的理论传动比：$i_0=n_1/n_2=1440/550=2.62$ 传动比相对误差：$\left\lvert\dfrac{i_0-i}{i_0}\right\rvert=\dfrac{2.62-2.5}{2.62}=4.58\%$	传动比相对误差 4.58% <5%，合格
4. 确定中心距 a_0 和基准带长 L_{d0} (1)初定中心距 a_0 由公式 $0.7(d_{d1}+d_{d2})\leqslant a_0\leqslant2(d_{d1}+d_{d2})$ 计算如下： $0.7(112+280)\leqslant a_0\leqslant2(112+280)$ 即：$274.4\text{mm}\leqslant a_0\leqslant784\text{mm}$，本题取 $a_0=500\text{mm}$	取 $a_0=500\text{mm}$
(2)初算带的基准长度 L_{d0} $L_{d0}\approx2a_0+\dfrac{\pi}{2}(d_{d1}+d_{d2})+\dfrac{(d_{d2}-d_{d1})^2}{4a_0}$ $\approx2\times500+\dfrac{\pi}{2}(112+280)+\dfrac{(280-112)^2}{4\times500}\approx1630\text{mm}$	$L_{d0}=1630\text{mm}$
(3)计算带的最终基准长度 L_d 带长必须是标准长度(否则买不到)，查表 9-55 取与 1630mm 接近的标准值为 1600mm，即选 $L_d=1600\text{mm}$	$L_d=1600\text{mm}$
(4)计算实际中心距 a 因为带长取了标准，因此必须重新计算中心距，由公式： $a\approx a_0+\dfrac{L_d-L_{d0}}{2}\approx500+\dfrac{1600-1630}{2}=485\text{mm}$	$a=485\text{mm}$
(5)确定中心距调整范围 由公式：$a_{max}=a+0.03L_d=485+0.03\times1600=533\text{mm}$ $a_{min}=a-0.015L_d=485-0.015\times1600=461\text{mm}$	$a_{max}=533\text{mm}$ $a_{min}=461\text{mm}$
5. 验算包角 α_1 $\alpha_1=180^\circ-\dfrac{d_{d2}-d_{d1}}{a}\times57.3^\circ=180^\circ-\dfrac{280-112}{485}\times57.3^\circ\approx160^\circ$	$\alpha_1\approx160^\circ>120^\circ$ 合格

（续）

设计项目及依据	设计结果
6. 确定 V 带根数 z （1）确定额定功率 P_0 由 d_{d1} 及 n_1 查表 9-60，查得 $P_0=1.6\text{kW}$ （2）确定各修正系数 功率增量 ΔP_0：查表 9-69 得 $\Delta P_0=0.17\text{kW}$ 包角系数 K_α：查表 9-52 得 $K_\alpha=0.95$ 长度系数 K_L：查表 9-53 得 $K_L=0.99$ （3）确定 V 带根数 z $z\geqslant\frac{P_d}{(P_0+\Delta P_0)K_\alpha K_L}=\frac{6.05}{(1.60+0.17)\times0.95\times0.99}\geqslant3.63$	$P_0=1.6\text{kW}$ $\Delta P_0=0.17\text{kW}$ $K_\alpha=0.95$ $K_L=0.99$ 取 $z=4$ 根
7. 确定单根 V 带初拉力 F_0 查表 9-54 得单位长度质量 $q=0.10\text{kg/m}$ $F_0=500\frac{P_d}{vz}\left(\frac{2.5}{K_\alpha}-1\right)+qv^2$ $=500\times\frac{6.05}{8.45\times4}\left(\frac{2.5}{0.95}-1\right)+0.1\times8.45^2\approx153\text{N}$	$q=0.10\text{kg/m}$ $F_0=153\text{N}$
8. 计算压轴力 $F_Q=2zF_0\sin\frac{\alpha_1}{2}=2\times4\times153\times\sin\frac{160°}{2}\approx1205\text{N}$	$F_Q=1205\text{N}$
9. 带轮设计 （1）带轮材料： 因带速 $v\leqslant30\text{m/s}$，大小带轮皆选铸铁 HT150 （2）结构设计： 小带轮：已知 Y 系列三相异步电动机功率 $P=5.5\text{ kW}$，满载转速 $n_1=1440\text{r/min}$，由参考文献[2]查出电动机（Y132S-4）伸出轴直径 $D=38\text{mm}$、伸出轴长 $L=80\text{mm}$，由前面计算得 $d_{d1}=112\text{mm}$，参考图 9-27：采用实心式结构，结构尺寸参考图 9-27 的经验公式，但应圆整为整数 大带轮：$d_{d2}=280\text{mm}$，参考图 9-27 采用孔板式结构（或腹板式）。假设与之配合的轴头直径为 40mm（实际设计是由轴的结构而定），结构尺寸参考图 9-27 的经验公式，但应圆整为整数 （3）带轮工作图设计： 带轮工作图是加工带轮和检测带轮的基本技术文件，要求设计成用于生产加工的图纸。在结构设计的基础上，应标出加工带轮所必需的尺寸及公差及检测所必需的内容等 小带轮及大带轮的零件工作图分别见图 9-18 和图 9-19 带轮零件工作图可有多种形式，本题给出的带轮零件工作图只是其中一种，仅供参考	铸铁 HT150 小带轮零件工作图见图 9-18 大带轮零件工作图见图 9-19

2. 带轮结构设计

（1）V 带轮轮槽

各种型号的普通 V 带轮轮槽的尺寸见表 9-70。V 带绕在带轮上会发生弯曲变形，使 V 带工作面的夹角发生变化。为了使 V 带的工作面与带轮的轮槽工作面紧密贴合，将 V 带轮轮槽的工作面的夹角加工成小于 V 带夹角（40°），即 32°、34°、36°、38°。

（2）带轮的结构形状

带轮的结构形状设计是根据带轮的尺寸大小以及考虑减轻重量、工艺运输等因素决定的，分为实心式（S型）、辐板式（P型）、孔板式（H型）和轮辐式（E型），如图9-27所示。

带轮基准直径较小时，通常按经验公式计算，$d \leqslant (2.5 \sim 3) d_0$，常用实心结构，$d_0$为轴径。如图9-27a所示；当$d \leqslant 300$ mm时，通常采用辐板式结构如图9-27b所示；当$d_S - d_1 \geqslant 100$mm时，为方便吊装和减轻质量可在腹板上开孔，称为孔板式，如图9-27c所示；当$d > 300$mm时，为了减轻重量一般设计成辐条式的结构，如图9-27d所示。

（3）V带轮材料的选择

选择带轮材料应满足要求的情况下尽量降低成本，因此带速$v \leqslant 30$m/s的传动带，其带轮常用铸铁HT150制造，重要的也可用HT200；高速时宜使用钢制带轮，速度可达45m/s；小功率可用铝、铝合金或塑料等。

（4）带轮标记

带轮标记包括：名称、带轮槽型、轮槽数×基准直径、带轮结构形式代号、国标号。

例如：带轮 A 3 ×100 P GB10412—2002。

9.2.1.6.2　V带传动带轮零件工作图示例

上一节V带传动设计计算实例的小带轮及大带轮零件工作图分别如图9-18和图9-19所示。

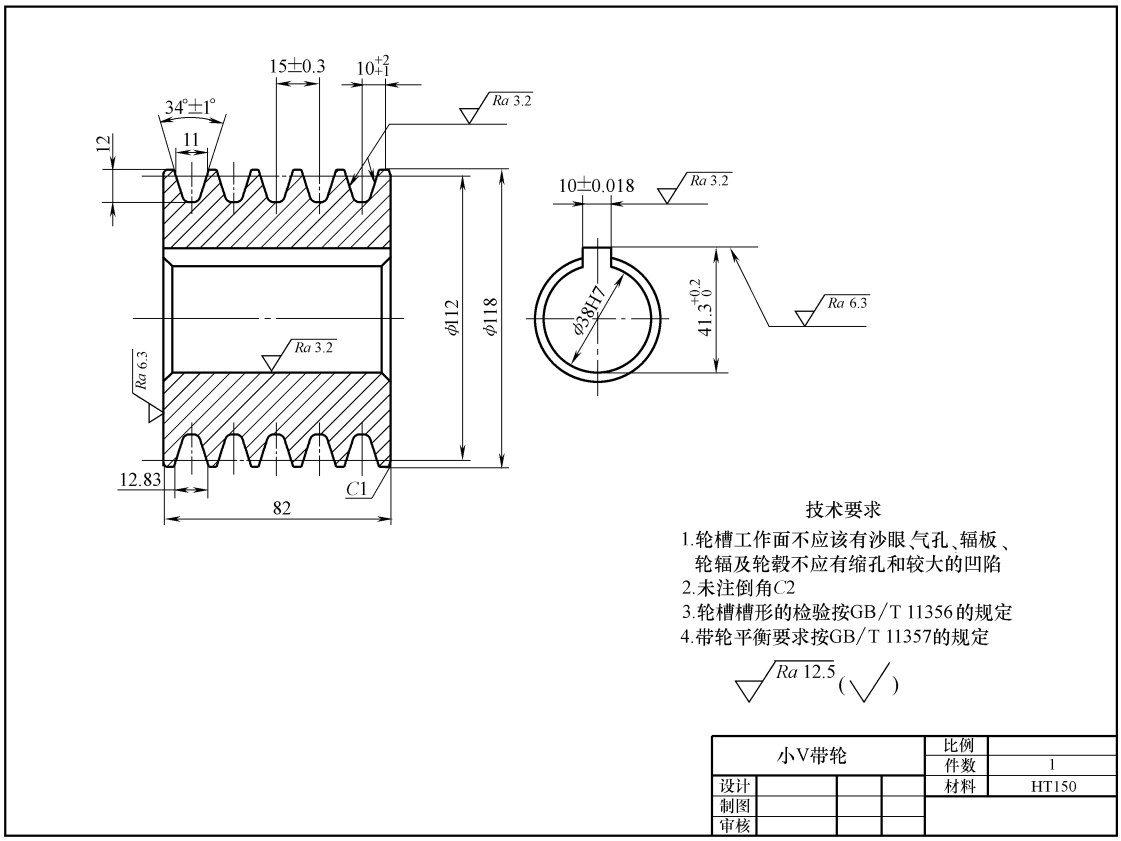


图9-18　设计实例小V带轮

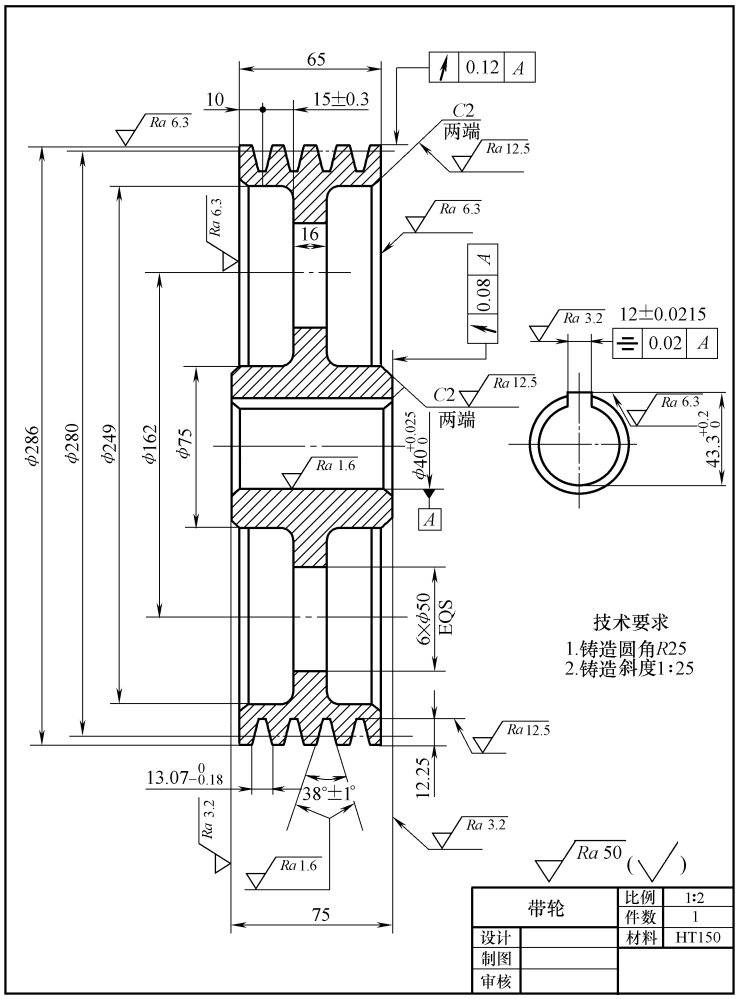


图 9-19　设计实例大 V 带轮

9.2.1.6.3　V 带传动设计计算总结框图

V 带传动是工程中应用最广的一种带传动形式，设计流程框图总结如图 9-20 所示。

9.2.1.7　同步带传动

9.2.1.7.1　同步带传动的特点和应用

同步带（也称齿形带）传动是一种特殊的带传动，带的工作面做成齿形，带轮的轮缘表面也做成相应的齿形，带与带轮靠啮合进行传动。故带与带轮间无相对滑动，构成同步传动，如图 9-21 所示。

同步带以细钢丝绳或玻璃纤维为强力层，外覆以聚氨酯或氯丁橡胶的环形带。由于带的强力层承载后变形小，且内周制成齿状使其与齿形的带轮相啮合，因此同步带传动综合了摩擦传动和啮合传动的优点，与普通带传动相比，同步带传动具有传动比恒定、不打滑、效率高、初张力小、对轴及轴承的压力小、速度及功率范围广、不需润滑、耐油、耐磨损以及允许采用较小的带轮直径、较短的轴间距、较大的速比，使传动系统结构紧凑的特点。一般参数为：带速 $v \leqslant 50\text{m/s}$；功率 $P \leqslant 100\text{kW}$；速比 $i \leqslant 10$；效率 $\eta = 0.92 \sim 0.98$；工作温度 $-20 \sim 80℃$。

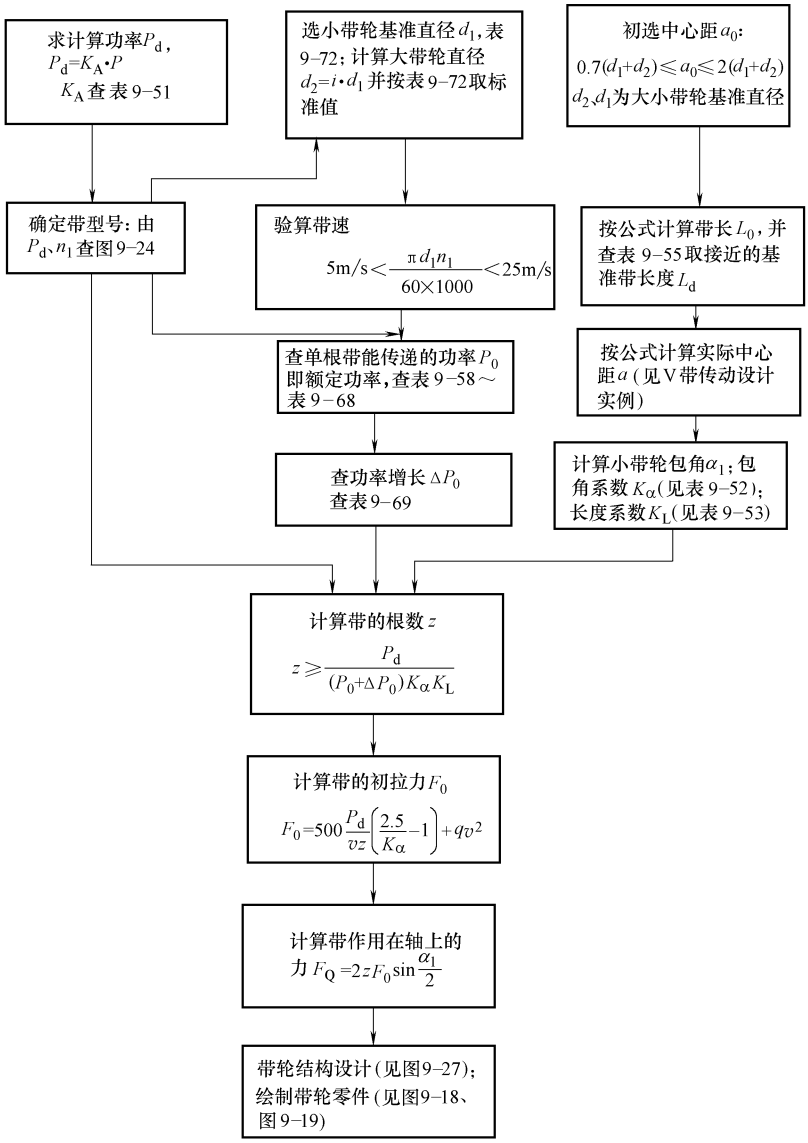


图9-20 V带传动设计计算框图

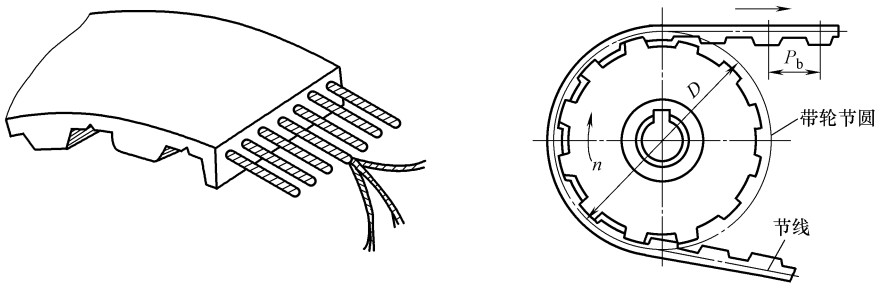


图9-21 同步带结构与同步带传动

目前同步带传动主要用于中小功率要求速比准确的传动中：如数控机床、烟草机械、电影放映机、录像机和纺织机械等。

9.2.1.7.2　同步带设计

1. 同步带的参数

1）节距 P_b 与基本长度 L_p：在规定张紧力下，同步带相邻两齿对称中心线的距离，称为节距 P_b。同步带工作时保持原长度不变的周线称为节线，节线长度 L_p 为基本长度（公称长度），轮上相应的圆称为节圆。如图 9-22 所示。显然有 $L_p = P_b \times z$（z 为齿数）。

2）模数 m：与齿轮一样，也规定模数 $m = P_b/\pi$。

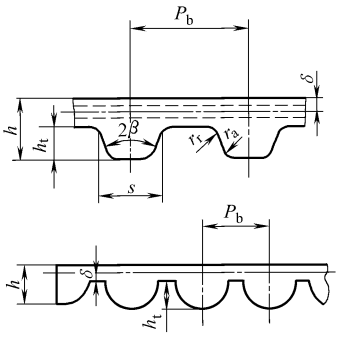


图 9-22　梯形齿和圆弧齿同步齿形

2. 同步带的类型和规格

同步带分为梯形齿和圆弧齿两大类，如图 9-22 所示。目前梯形齿同步带应用较广，圆弧齿同步带因其承载能力和疲劳寿命高于梯形齿而应用日趋广泛。同步带按结构分为单面和双面同步带两种形式。双面同步带按齿的排列不同又分为对称齿双面同步带（DA 型）和交错齿双面同步带（DB 型）两种，如图 9-23 所示。此外还有特殊用途和特殊结构的同步带。本文只简介单面梯形齿同步带。

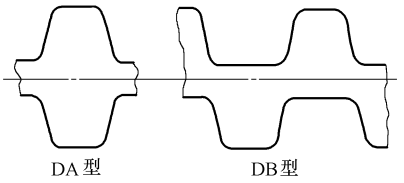


图 9-23　对称和交错双面齿同步齿形带

较常用的梯形齿同步齿形带有周节制和模数制两种，其中周节制梯形齿同步齿形带已列入国家标准，称为标准同步带。标准同步带按节距大小分为七种类型。标准同步带的标记包括：型号、节线长度代号、宽度代号和国标号。对称齿双面同步带在型号前加“DA”，交错齿双面同步带在型号前加“DB”。

3. 同步带标记

标记示例 1

橡胶同步带　980　H　200　GB/T 11616—2013

- 200：带宽代号 200，带宽 50.8mm
- H：型号 H，节距 12.7mm
- 980：长度代号 980，节线长 2489.20mm

标记示例 2

聚氨酯同步带　DA　900　H　200　GB/T 11616—2013

- 200：带宽代号 200，带宽 50.8mm
- H：型号 H，节距 12.7mm
- 900：长度代号 900，节线长 2286mm
- DA：对称齿双面同步带

4. 模数制

梯形齿同步带以模数为基本参数，模数系列为 1.5、2.5、3、4、5、7、10，齿形角 2β

为40°，其标记为：模数×齿数×带宽。例如：聚氨酯同步带 2×45×25 表示：模数 $m=2$，齿数 $z=45$，带宽 $b_s=25$mm 的聚氨酯同步带。

5. 同步带轮

1）同步带轮的材料及轮辐、轮毂结构同 V 带轮。为防止齿形带工作时从带轮上脱落，一般推荐小带轮两边均有挡圈，而大带轮则无挡圈；或大小带轮均为单面挡圈，但挡圈各在不同侧。

2）同步带轮轮齿形状有渐开线齿廓和直边齿廓两种（用于梯形齿同步齿形带），其中渐开线齿廓的同步带轮可借用齿轮刀具展成加工，齿廓具体尺寸请参阅有关资料。

3）周节制同步齿形带轮的宽度和直径见 9.2.2 节设计标准及规范。

4）周节制同步带轮标记由带轮齿数、带型号、轮宽代号和标准代号组成。

标注示例

带轮 32 H 075 GB/T 11361—2008

- 075：轮宽代号 075，轮宽 19.1mm
- H：带型号 H，节距 12.7mm
- 32：轮齿数 32

9.2.1.7.3 同步带设计方法总结

表 9-48 同步带传动设计计算方法及步骤

计算项目	符号	公式及数据	说明
求计算功率	P_d	$P_d=K_AP$	K_A——工况系数，见表 9-74 P——传递的名义功率
选择带型号并确定节距	P_b	根据 P_d 和 n_1 由图 9-28 查取带型，表 9-76 确定节距 P_b	n_1——小带轮转速 为使传动平稳，提高带的柔性以及增加啮合齿数，节距应尽可能取较小值
确定小带轮齿数、节圆直径	z_1 d_{p1}	$z_1\geqslant z_{min}$ z_{min} 见表 9-77 $d_{p1}=z_1\times P_b/\pi$	带速 v 和安装尺寸允许时，z_1 尽可能选用较大值，节圆直径取表 9-81 中的标准值
求大带轮齿数、节圆直径	z_2 d_{p2}	$z_2=i\times z_1=z_1\times n_1/n_2$ $d_{p2}=z_2\times P_b/\pi$	计算出的 z_2 取整，并取表 9-81 中的标准值
计算带速	v	$v=\pi d_1n_1/(60\times1000)$	XL、L 型，$v_{max}=50$m/s；H 型，$v_{max}=40$m/s XH、XXH 型，$v_{max}=30$m/s 若带速超过上述范围，应重选 d_1
初定中心距	a_0	$0.7(d_1+d_2)\leqslant a_0\leqslant2(d_1+d_2)$ 或按结构要求定	中心距越小，结构越紧凑，但单位时间绕过的次数越多，容易疲劳，反之亦然
计算带的节线长及齿数	L_p z	初算节线长 L_{p0}： $L_{p0}\approx2a_0+\pi(d_1+d_2)/2+(d_2-d_1)^2/4a_0$	计算出的 L_{p0} 应按表 9-82 取接近的标准值 L_p 及其齿数 z
计算最终的中心距	a	中心距可调时： $a\approx a_0+(L_p-L_{p0})/2$ 中心距不可调时： $a\approx(d_2-d_1)/2\cos(\alpha_1/2)$ $\mathrm{inv}(\alpha_1/2)=(L_p-\pi d_2)/(d_2-d_1)$	α_1 为小带轮包角。$\mathrm{inv}(\alpha_1/2)$ 为 $\alpha_1/2$ 角的渐开线函数。根据算出的 $\mathrm{inv}(\alpha_1/2)$ 值，由渐开线函数表查得 $\alpha_1/2$ 值，即可求得精确的 a 值。$d_1=d_2$ 时，无法用渐开线函数，此时：$a=P_b(z-z_1)/2$，最好采用中心距可调结构

（续）

计算项目	符号	公式及数据	说明
计算小带轮的啮合齿数	z_m	$z_m \approx \frac{z_1}{2}\left[1-\frac{P_b(z_2-z_1)}{\pi^2 a}\right] \geqslant z_{m\,min}$	对 MXL、XXL、XL 型 $z_{mmin}=4$，其他型 $z_{mmin}=6$
计算基本额定功率	P_0	$P_0=\frac{(T_a-mv^2)v}{1000}$	T_a——带宽为 b_{s0} 的许用工作拉力（N），见表 9-78。 m——带宽为 b_{s0} 单位长度的带的质量（kg/m），见表 9-78。
计算带宽	b_s	$b_s=b_{s0}\sqrt[1.14]{\frac{P_d}{K_z P_0}}$	b_{s0}——选定型号的带的基准宽度（mm），见表 9-79。 K_z——小带轮啮合齿数系数，见下表： z_m：≥6　5　4　3　2 K_z：1.00　0.80　0.60　0.40　0.20
计算压轴力	F_Q	$F_Q=\frac{1000P_d}{v}$	P_d——计算功率（kW）；v——带速（m/s）
设计带轮的结构和尺寸		略	绘出带轮工作图（略）

9.2.1.7.4　同步带设计实例

设计精密车床的梯形齿同步带传动，电动机额定功率 $P=5.5\text{kW}$ 额定转速 $n_1=1440\text{r/min}$，传动比 $i=2.4$（减速），轴间距约为 450mm，每天两班制工作。

同步齿形带传动的设计方法及步骤基本同 V 带传动设计，设计项目及依据和计算结果见表 9-49。

表 9-49　设计项目及依据和计算结果

设计项目及依据	设计结果
1. 求设计功率 P_d 由表 9-74 查得 $K_A=1.6$ $P_d=K_A P=1.6\times5.5\text{kW}=8.8\text{kW}$	$K_A=1.6$ $P_d=8.8\text{kW}$
2. 选择带形和节距 根据 $P_d=8.8\text{kW}$ 和 $n_1=1440\text{r/min}$ 由图 9-28 确定为 H 型；查表 9-76 确定节距 $P_b=12.7\text{mm}$	H 型 $P_b=12.7\text{mm}$
3. 确定小带轮齿数 z_1 根据带型 H 和小带轮转速 n_1 由表 9-77 查得小带轮的最小齿数 $z_{1min}=18$，本题取 20	$z_1=20$
4. 计算小带轮节圆直径 d_1 $d_1=\frac{z_1\times P_b}{\pi}=\frac{20\times12.7}{\pi}=80.85\text{mm}$，由表 9-81 查得其外径 $d_{a1}=79.48\text{mm}$	$d_1=80.85\text{mm}$ $d_{a1}=79.48\text{mm}$
5. 计算大带轮齿数 z_2：$z_2=iz_1=2.4\times20=48$	$z_2=48$
6. 计算大带轮节圆直径 d_2 $d_2=\frac{z_2P_b}{\pi}=\frac{48\times12.7}{\pi}\text{mm}=194.04\text{mm}$，由表 9-81 查得其外径：$d_{a2}=192.67\text{mm}$	$d_2=194.04\text{mm}$ $d_{a2}=192.67\text{mm}$

（续）

设计项目及依据	设计结果
7. 计算带速 v $$v=\frac{\pi d_1 n_1}{60\times1000}=\frac{\pi\times80.85\times1440}{60\times1000}\text{m/s}\approx6.1\text{m/s}$$	$v\approx6.1\text{m/s}$
8. 初定中心距 a_0 $0.7(d_1+d_2)\leqslant a_0\leqslant2(d_1+d_2)$或按结构要求定，本题没有要求，因此按公式计算： $$0.7\times(80.85+194.04)\leqslant a_0\leqslant2\times(80.85+194.04)$$ 计算得： $$192\text{mm}\leqslant a_0\leqslant550\text{mm}$$ 本例初取 $a_0=450\text{mm}$（考虑到本题没有空间限制，为提高疲劳强度，因此本例取较大值，当然可根据实际情况，也可以取其他数值）	$a_0=450\text{mm}$
9. 计算带节线长及其齿数 $$L_{d0}=2a_0+\frac{\pi}{2}(d_1+d_2)+\frac{(d_2-d_1)^2}{4a_0}$$ $$=\left(2\times450+\frac{\pi}{2}(80.85+194.04)+\frac{(194.04-80.85)^2}{4\times450}\right)\text{mm}$$ $$=1338.91\text{mm}$$ 由表9-82查得周节制梯形齿同步齿形带的节线长度及齿数，选相近的节线长为：应选用带长代号为510的H型同步带，其节线长 $L_p=1295.4\text{mm}$；节线长上的齿数 $z=102$。	$L_p=1295.4\text{mm}$ $z=102$
10. 计算实际轴间距（中心距）a，此结构的轴间距可调整 $$a\approx a_0+\frac{L_d-L_{d0}}{2}=\left(450+\frac{1295.4-1338.91}{2}\right)\text{mm}=428.25\text{mm}$$	$a=428.25\text{mm}$
11. 计算小带轮啮合齿数 z_m 根据公式 $z_m\approx\frac{z_1}{2}\left[1-\frac{P_b(z_2-z_1)}{\pi^2 a}\right]\geqslant z_{m\,min}$ 计算小带轮的啮合齿数 $$z_m\approx\frac{z_1}{2}\left[1-\frac{P_b(z_2-z_1)}{\pi^2 a}\right]=\frac{20}{2}\times\left[1-\frac{12.7\times(48-20)}{\pi^2\times428.25}\right]\approx9$$ 本例取 $z_m=9$	$z_m=9$
12. 计算基本额定功率 P_0 $$P_0=\frac{(T_a-mv^2)v}{1000}$$ T_a——基准带宽 b_{s0} 的许用工作拉力 m——带宽为 b_{s0} 的带的质量。 由表9-78查得：$T_a=2100\text{N}$，$m=0.448\text{kg/m}$，代入数字得： $$P_0=\frac{(2100-0.448\times6.1^2)\times6.1}{1000}\text{kW}\approx12.71\text{kW}$$	$P_0\approx12.71\text{kW}$

（续）

设计项目及依据	设计结果
13. 计算所需带宽 b_s $$b_s = b_{s0}\sqrt[1.14]{\frac{P_d}{K_z P_0}}$$ b_{s0}——选定型号的带的基准宽度 K_z——小带轮啮合齿数系数 由表 9-79 查得 H 型带 $b_{s0}=76.2\text{mm}$；由第 11 项计算得 $z_m=9$；参考表 9-48 同步带传动设计计算方法及步骤中的说明则小带轮啮合齿数系数 $K_z=1$（因为 $z_m \geqslant 6$） $$b_s = 76.2\times\sqrt[1.14]{\frac{6.4}{1\times 12.71}}\text{mm}\approx 41.74\text{mm}$$ 查表 9-83 周节制梯形齿同步齿形带带轮的宽度，应选轮宽代号为 200 的 H 型带，其轮宽基本尺寸 $b_s=50.8\text{mm}$（与计算值 $b_s=41.74\text{mm}$ 接近）。	$b_s=50.8\text{mm}$
14. 求作用在轴上的力 $$F_Q=\frac{1000P_d}{v}=\frac{1000\times 8.8}{6.1}\text{N}\approx 1442.6\text{N}$$	$F_Q\approx 1442.6\text{N}$
15. 确定带轮结构和尺寸 传动选用的同步带为 510 H200　GB/T 11616 小带轮 $d_1=80.85\text{mm}$；$d_{a1}=79.48\text{mm}$；$z_1=20$ 大带轮 $d_2=194.04\text{mm}$；$d_{a2}=192.67\text{mm}$；$z_2=48$ 可根据上列参数仿照 V 带传动实例的设计步骤，决定带轮的结构和全部尺寸（本题略）	同步带 510 H200 GB/T 11616

9.2.1.8　平带传动

9.2.1.8.1　平带传动简介

平带传动也是常见的一种带传动，普通平带由数层挂胶帆布粘和而成，有包边式和开边式两种。平带传动具有安装简便、维护简单、抗拉强度较大、预紧力保持性能较好、耐湿性较好、运行可靠等优点，但与 V 带传动相比，承载能力较小，耐热、耐油性较差。

近些年使用的高强度平带（尼龙片复合平带）是以改性聚酰胺片为承载层，工作表面覆以铬鞣革或弹性胶体的摩擦层，非工作面则粘以橡胶布或特殊织物层。尼龙片的抗拉强度达 400 MPa，并有较高的弹性模量，经定伸处理后，使复合平带有很高的综合力学性能。工作表面的覆盖层不但能增强带体的横向抗撕裂能力，而且可增大与带轮表面的粘附力。根据覆盖材料的不同，与带轮表面的摩擦因数可达 0.4～0.7，故尼龙片复合平带有很高的承载能力。近年来，尼龙片基的性能不断改进，产品性能进一步得到提高，且可不受温度影响。此外，还出现了用聚酯织物和芳纶织物作承载层的平带，由于改进了制作工艺，使平带的传动性能如强度、带体的柔软性和吸振性、传动的平稳性以及寿命等都有了较大的提高。

9.2.1.8.2 平带传动设计实例

设计一个平带传动，已知系统需要功率7.5kW，转速1440r/min，从动轮转速1000r/min，传动轮中心距2000mm，采用开式传动，定期张紧，选用环形平带，传动接近水平。

平带传动是带传动一种形式，平带传动与V带传动设计方法大同小异，只是一些设计步骤更简化了，设计项目及依据和计算结果见表9-50。

表9-50 设计项目及依据和计算结果

设计项目及依据	设计结果
1. 计算小带轮直径 $d_1=(1100\sim1300)\sqrt[3]{\frac{P}{n_1}}=(1100\sim1300)\sqrt[3]{\frac{7.5}{1440}}\text{mm}=(190\sim225)\text{mm}$ 按表9-94选接近的值，本例选标准直径 $d_1=200\text{mm}$	$d_1=200\text{mm}$
2. 验算带速 $v=\pi d_1 n_1/(60\times1000)=\pi\times200\times1440/60000\text{m/s}=15.1\text{m/s}<30\text{m/s}$ 符合要求	$v=15.1\text{m/s}<30\text{m/s}$
3. 计算大带轮直径 此处取弹性滑动率 $\varepsilon=1\%$，则 $d_2=d_1(1-\varepsilon)n_1/n_2=200(1-0.01)1440/1000\text{mm}=285\text{mm}$ 按表9-94选接近的值选用标准直径 $d_2=280\text{mm}$	$d_2=280\text{mm}$
4. 计算中心距(轴间距) 根据经验公式 $15(d_1+d_2)<a<5(d_1+d_2)$ 计算： $15(d_1+d_2)=720\text{mm}<a<5(d_1+d_2)=2400\text{mm}$ 本题没有安装尺寸的限制，因此本题取中心距范围中较大值以得到较高的疲劳强度，即取 $a=2000\text{mm}$	$a=2000\text{mm}$
5. 计算带长 $L\approx2a+\frac{\pi}{2}(d_1+d_2)+\frac{(d_2-d_1)^2}{4a}$ $=\left(2\times2000+\frac{\pi}{2}(200+280)+\frac{(280-200)^2}{4\times2000}\right)\text{mm}=4754.4\text{mm}$	$L=4754.4\text{mm}$
6. 验算小带轮包角 $\alpha_1=180°-\frac{d_2-d_1}{a}\times57.3°=180°-\frac{280-200}{2000}\times57.3°=177.7°$ $\alpha_1=177.7°\geqslant150°$ 符合要求	$\alpha_1=177.7°\geqslant150°$ 符合要求
7. 计算挠曲次数 $y=\frac{1000Z_p v}{L}=\frac{1000\times2\times15.1}{4754.4}=6.4<10$ 式中 Z_p 为带轮数 $y=6.4<10$ 符合要求	$y=6.4<10$ 符合要求
8. 选取带型 带厚 $\delta=\left(\frac{1}{40}\sim\frac{1}{30}\right)d_1=\left(\frac{1}{40}\sim\frac{1}{30}\right)\times200=5\sim6.7$ 根据带厚由表9-95选取带型240，胶布层数为4，带厚 $\delta=4.8\text{mm}$	$\delta=5\sim6.7$ 带型240 胶布层数为4 带厚 $\delta=4.8\text{mm}$
9. 计算带宽 $b=\frac{P_d}{P_0K_\alpha K_\beta}$ 求计算功率 P_d：$P_d=K_A P=1.3\times7.5=9.75\text{kW}$ 查表9-74得工况系数 $K_A=1.3$ 查表9-96普通平带单位长度传递的基本额定功率，得 $P_0\approx0.161\text{kW/mm}$(线性插值)； 查表9-97平带传动的包角修正系数 K_α，得 $K_\alpha\approx0.993$(线性插值)； 查表9-98平带传动布置系数 $K_\beta=1$。 $b=\frac{9.75}{0.161\times0.993\times1}\approx60.99\text{mm}$ 参考表9-95选取标准带宽63mm	$b=63\text{mm}$

（续）

设计项目及依据	设计结果
10. 计算压轴力 $F_Q = 2ZF_0 \sin\frac{\alpha_1}{2} = 2\times4\times2.25\times63\sin\frac{177.7°}{2}\text{N} \approx 1133.8\text{N}$ 式中 Z——胶布层数，由以上第 8 项计算可知；胶布层数 $Z=4$ F_0——每层胶布带单位宽度的预紧力（N/mm），由经验推荐为 $F_0=2.25\text{N/mm}$	$F_Q \approx 1133.8\text{N}$
11. 带轮设计（略）	

9.2.2 设计标准及规范

9.2.2.1 V 带

9.2.2.1.1 V 带（含窄 V 带）设计用系数（见表 9-51 ~ 表 9-53）

表 9-51 工况系数 K_A

工作载荷性质	动力机					
	Ⅰ类（每天工作小时）			Ⅱ类（每天工作小时）		
	≤10	10 ~ 16	> 16	≤10	10 ~ 16	> 16
工作平稳	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
载荷变动小	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
载荷变动较大	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
冲击载荷	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

注：1. Ⅰ类——直流电动机、Y 系列三相异步电动机、汽轮机、水轮机。
2. Ⅱ类——交流同步电动机、交流异步滑环电动机、内燃机、蒸汽机。

表 9-52 包角系数 K_α

包角 α_1/(°)	180	175	170	165	160	155	150	145	140	135	130	125	120	110	100	90
K_α	1	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.86	0.84	0.82	0.78	0.74	0.69

表 9-53 长度系数 K_L

基准长度 L_d/mm	K_L										
	普通 V 带							窄 V 带			
	Y	Z	A	B	C	D	E	SPZ	SPA	SPB	SPC
200	0.81										
224	0.82										
250	0.84										
280	0.87										
315	0.89										
355	0.92										
400	0.96	0.87									
450	1.00	0.89									
500	1.02	0.91									
560		0.94									
630		0.96	0.81					0.82			
710		0.99	0.82					0.84			
800		1.00	0.85					0.86	0.81		
900		1.03	0.87	0.81				0.88	0.83		
1000		1.06	0.89	0.84				0.90	0.85		
1120		1.08	0.91	0.86				0.93	0.87		
1250		1.11	0.93	0.88				0.94	0.89	0.82	
1400		1.14	0.96	0.90				0.96	0.91	0.84	
1600		1.16	0.99	0.93	0.84			1.00	0.93	0.86	
1800		1.18	1.01	0.95	0.85			1.01	0.95	0.88	
2000			1.03	0.98	0.88			1.02	0.96	0.90	0.81
2240			1.06	1.00	0.91			1.05	0.98	0.92	0.83
2500			1.09	1.03	0.93			1.07	1.00	0.94	0.86

（续）

基准长度 L_d/mm	K_L										
	普通V带							窄V带			
	Y	Z	A	B	C	D	E	SPZ	SPA	SPB	SPC
2800			1.11	1.05	0.95	0.83		1.09	1.02	0.96	0.88
3150			1.13	1.07	0.97	0.86		1.11	1.04	0.98	0.90
3550			1.17	1.10	0.98	0.89		1.13	1.06	1.00	0.92
4000			1.19	1.13	1.02	0.91			1.08	1.02	0.94
4500				1.15	1.04	0.93	0.90		1.09	1.04	0.96
5000				1.18	1.07	0.96	0.92			1.06	0.98
5600					1.09	0.98	0.95			1.08	1.00
6300					1.12	1.00	0.97			1.10	1.02
7100					1.15	1.03	1.00			1.12	1.04
8000					1.18	1.06	1.02			1.14	1.06
9000					1.21	1.08	1.05				1.08
10000					1.23	1.11	1.07				1.10
11200						1.14	1.10				1.12
12500						1.17	1.12				1.14
14000						1.20	1.15				
16000						1.22	1.18				

9.2.2.1.2 V带（含窄V带）选型图（见图9-24～图9-26）

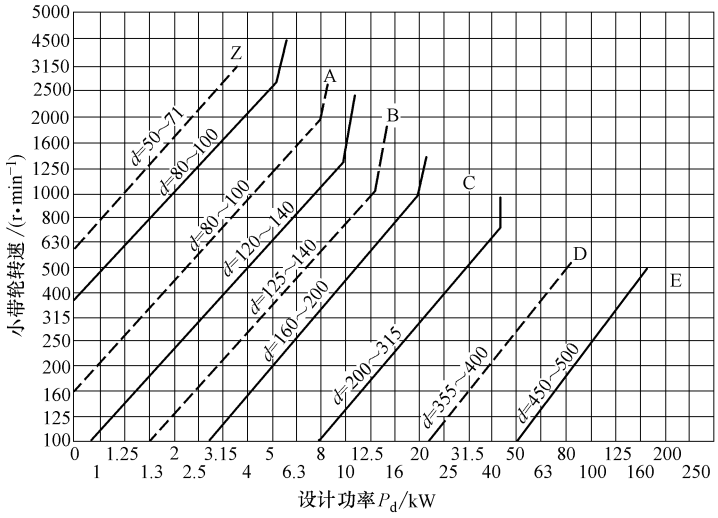


图9-24 普通V带选型图

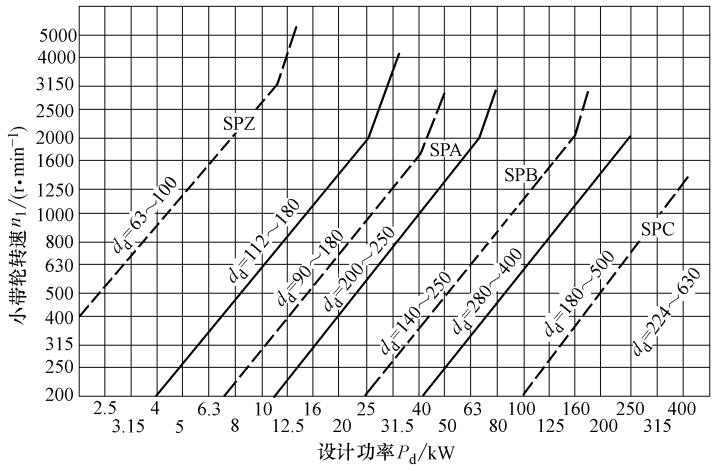


图9-25 窄V带（基准宽度制）选型图

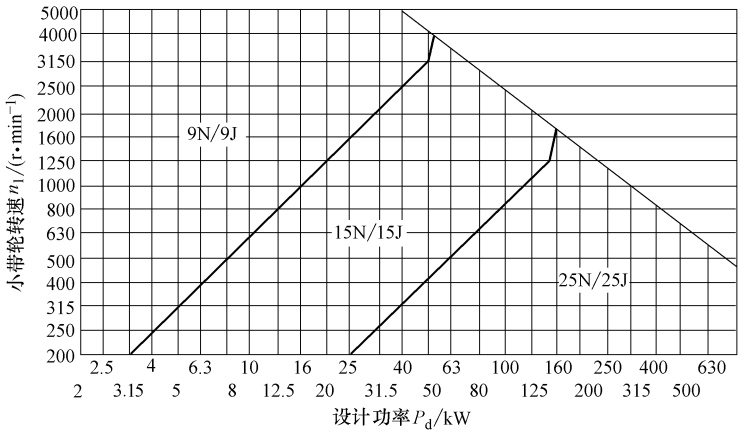
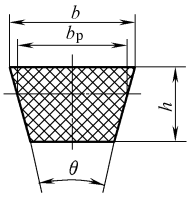
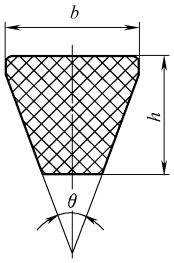


图 9-26　窄 V 带（有效宽度制）选型图

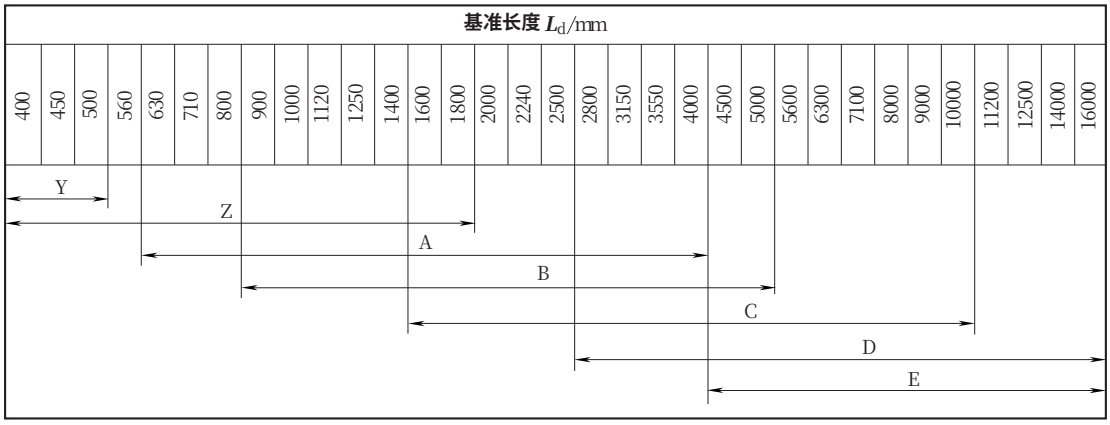
9.2.2.1.3　V 带截面尺寸及基准带长（见表 9-54 ~ 表 9-57）

表 9-54　V 带的截面尺寸（GB/T 11544—2012）

	型号			节宽 b_p /mm	顶宽 b /mm	高度 h /mm	单位长度的质量 q/(kg·m^{-1})	楔角
	普通 V 带		Y	5.3	6	4	0.02	40°
			Z	8.5	10	6	0.06	
			A	11	13	8	0.10	
			B	14	17	11	0.17	
			C	19	22	14	0.30	
			D	27	32	19	0.62	
			E	32	38	25	0.90	
	窄 V 带	基准宽度制	SPZ	8	10.0	8.0	0.07	
			SPA	11	13.0	10.0	0.12	
			SPB	14	17.0	14.0	0.20	
			SPC	19	22.0	18.0	0.37	
		有效宽度制	9N(3V)		9.5	8.0	0.08	
			15N(5V)		16	13.5	0.20	
			25N(8V)		25.5	23.0	0.57	

注：括号内是美、日等国采用的型号符号

表 9-55　V 带的基准长度

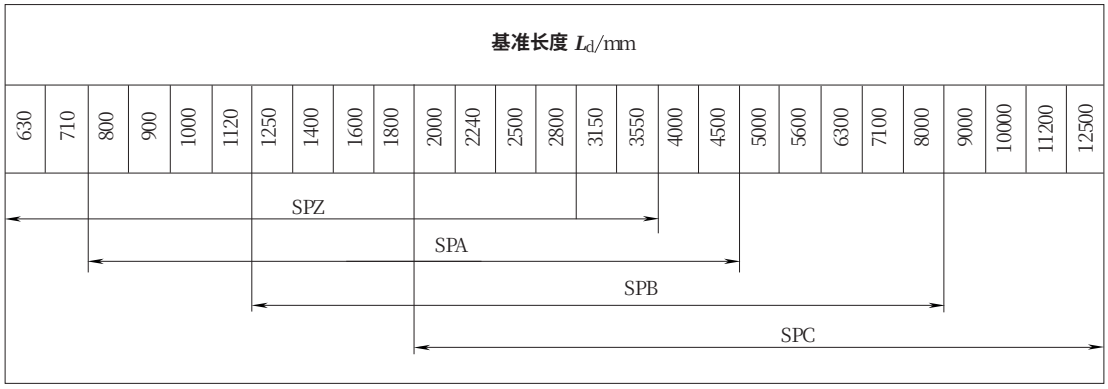


注：此表所列为 R20 优先数系，应优先选用。

表 9-56　普通 V 带基准长度补充系列　　（mm）

型　号						
Y	Z	A	B	C	D	E
200	405	700	930	1565	2740	4660
224	475	790	1100	1760	3100	5040
250	530	890	1210	1950	3330	5420
280	625	990	1370	2195	3730	6100
315	700	1100	1560	2420	4080	6850
355	780	1430	1760	2715	4620	7650
	820	1550	1950	2880	5400	9150
	1080	1640	2180	3080	6100	12230
	1330	1750	2300	3520	6840	13750
	1420	1940	2700	4060	7620	15280
	1540	2050	2870	4600	9140	16800
		2200	3200	5380	10700	
		2300	3600	6100	12200	
		2480	4060	6815	13700	
		2700	4430	7600	15200	
			4820	9100		
			5370	10700		
			6070			

表 9-57　窄 V 带基准长度系列



9.2.2.1.4　V 带额定功率和单根普通 V 带功率增量

V 带的额定功率见表 9-58 ~ 表 9-69，普通 V 带功率增量见表 9-69。

表 9-58　Y 型 V 带的额定功率　　(kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm								传动比 i									
	20	25	28①	31.5①	35.5①	40①	45	50	1.00～1.01	1.02～1.04	1.05～1.08	1.09～1.12	1.13～1.18	1.19～1.24	1.25～1.34	1.35～1.51	1.52～1.99	≥2.0
	单根 V 带的基本额定功率 P_0								$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0									
400	—	—	—	—	—	—	0.04	0.05										
730②	—	—	—	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06										
800	—	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07										
980②	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08										
1200	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09			0.00							
1460②	0.02	0.04	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.11										
1600	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12							0.01			
2000	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.11	0.12	0.14										
2400	0.04	0.06	0.07	0.09	0.09	0.12	0.14	0.16										
2800②	0.04	0.07	0.08	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18										
3200	0.05	0.08	0.09	0.11	0.12	0.15	0.17	0.20										
3600	0.06	0.08	0.10	0.12	0.13	0.16	0.19	0.22								0.02		
4000	0.06	0.09	0.11	0.13	0.14	0.18	0.20	0.23										
4500	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.19	0.21	0.24										
5000	0.08	0.11	0.13	0.15	0.18	0.20	0.23	0.25										0.03
5500	0.09	0.12	0.14	0.16	0.19	0.22	0.24	0.26										

① 为优先采用的基准直径。
② 为常用转速。

表 9-59 Z 型 V 带的额定功率 (kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm						传动比 i										带速 v/(m·s^{-1})≈
	50	56	63①	71①	80①	90	1.00~1.01	1.02~1.04	1.05~1.08	1.09~1.12	1.13~1.18	1.19~1.24	1.25~1.34	1.35~1.51	1.52~1.99	≥2.0	
	单根 V 带的基本额定功率 P_0						$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0										
400	0.06	0.06	0.08	0.09	0.14	0.14											
730②	0.09	0.11	0.13	0.17	0.20	0.22				0.00							
800	0.10	0.12	0.15	0.20	0.22	0.24											
980②	0.12	0.14	0.18	0.23	0.26	0.28											
1200	0.14	0.17	0.22	0.27	0.30	0.33					0.01						5
1460②	0.16	0.19	0.25	0.31	0.36	0.37											
1600	0.17	0.20	0.27	0.33	0.39	0.40						0.02					
2000	0.20	0.25	0.32	0.39	0.44	0.48											10
2400	0.22	0.30	0.37	0.46	0.50	0.54											
2800②	0.26	0.33	0.41	0.50	0.56	0.60						0.03					15
3200	0.28	0.35	0.45	0.54	0.61	0.64											
3600	0.30	0.37	0.47	0.58	0.64	0.68									0.05		
4000	0.32	0.39	0.49	0.61	0.67	0.72						0.04					20
4500	0.33	0.40	0.50	0.62	0.67	0.73		0.02									
5000	0.34	0.41	0.50	0.62	0.66	0.73									0.06		25
5500	0.33	0.41	0.49	0.61	0.64	0.65											
6000	0.31	0.40	0.48	0.56	0.61	0.56											

① 为优先采用的基准直径。

② 为常用转速。

表 9-60　A 型 V 带的额定功率　(kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm								传动比 i										带速 v/(m·s^{-1})≈
	75	80	90①	100①	112①	125①	140	160	1.00～1.01	1.02～1.04	1.05～1.08	1.09～1.12	1.13～1.18	1.19～1.24	1.25～1.34	1.35～1.51	1.52～1.99	≥2	
	单根 V 带的基本额定功率 P_0								$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0										
200	0.16	0.18	0.22	0.26	0.31	0.37	0.43	0.51	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	
400	0.27	0.31	0.39	0.47	0.56	0.67	0.78	0.94	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	5
730②	0.42	0.49	0.63	0.77	0.93	1.11	1.31	1.56	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	
800	0.45	0.52	0.68	0.83	1.00	1.19	1.41	1.69	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10	
980②	0.52	0.61	0.79	0.97	1.18	1.40	1.66	2.00	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	10
1200	0.60	0.71	0.93	1.14	1.39	1.66	1.96	2.36	0.00	0.02	0.03	0.05	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.15	
1460②	0.68	0.81	1.07	1.32	1.62	1.93	2.29	2.74	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	
1600	0.73	0.87	1.15	1.42	1.74	2.07	2.45	2.94	0.00	0.02	0.04	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	
2000	0.84	1.01	1.34	1.66	2.04	2.44	2.87	3.42	0.00	0.03	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16	0.19	0.22	0.24	15 20
2400	0.92	1.12	1.50	1.87	2.30	2.74	3.22	3.80	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.19	0.23	0.26	0.29	
2800②	1.00	1.22	1.64	2.05	2.51	2.98	3.48	4.06	0.00	0.04	0.08	0.11	0.15	0.19	0.23	0.26	0.30	0.34	
3200	1.04	1.29	1.75	2.19	2.68	3.16	3.65	4.19	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17	0.22	0.26	0.30	0.34	0.39	25 30
3600	1.08	1.34	1.83	2.28	2.78	3.26	3.72	4.17	0.00	0.05	0.10	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44	
4000	1.09	1.37	1.87	2.34	2.83	3.28	3.67	3.98	0.00	0.05	0.11	0.16	0.22	0.27	0.32	0.38	0.43	0.48	
4500	1.07	1.36	1.83	2.33	2.79	3.17	3.44	3.48	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	35 40
5000	1.02	1.31	1.82	2.25	2.64	2.91	2.99	2.67	0.00	0.07	0.14	0.20	0.27	0.34	0.40	0.47	0.54	0.60	
5500	0.96	1.21	1.70	2.07	2.37	2.48	2.31	1.51	0.00	0.08	0.15	0.23	0.30	0.38	0.46	0.53	0.60	0.68	
6000	0.80	1.06	1.50	1.80	1.96	1.87	1.37	—	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	0.49	0.57	0.65	0.73	

① 为优先采用的基准直径。
② 为常用转速。

表 9-61 B 型 V 带的额定功率 (kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm								传动比 i										带速 v/(m·s^{-1})≈
	125	140①	160①	180①	200	224	250	280	1.00~1.01	1.02~1.04	1.05~1.08	1.09~1.12	1.13~1.18	1.19~1.24	1.25~1.34	1.35~1.51	1.52~1.99	≥2.0	
	单根 V 带基本额定功率 P_0								$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0										
200	0.48	0.59	0.74	0.88	1.02	1.19	1.37	1.58	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	
400	0.84	1.05	1.32	1.59	1.85	2.17	2.50	2.89	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	5 10
730②	1.34	1.69	2.16	2.61	3.06	3.59	4.14	4.77	0.00	0.02	0.05	0.07	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.22	
800	1.44	1.82	2.32	2.81	3.30	3.86	4.46	5.13	0.00	0.03	0.06	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20	0.23	0.25	
980②	1.67	2.13	2.72	3.30	3.86	4.50	5.22	5.93	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.17	0.20	0.23	0.26	0.30	
1200	1.93	2.47	3.17	3.85	4.50	5.26	6.04	6.90	0.00	0.04	0.08	0.13	0.17	0.21	0.25	0.30	0.34	0.38	15 20
1460②	2.20	2.83	3.64	4.41	5.15	5.99	6.85	7.78	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.31	0.36	0.40	0.46	
1600	2.33	3.00	3.86	4.68	5.46	6.33	7.20	8.13	0.00	0.06	0.11	0.17	0.23	0.28	0.34	0.39	0.45	0.51	
1800	2.50	3.23	4.15	5.02	5.83	6.73	7.63	8.46	0.00	0.06	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.57	25
2000	2.64	3.42	4.40	5.30	6.13	7.02	7.87	8.60	0.00	0.07	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56	0.63	30
2200	2.76	3.58	4.60	5.52	6.35	7.19	7.97	8.53	0.00	0.08	0.16	0.23	0.31	0.39	0.46	0.54	0.62	0.70	35
2400	2.85	3.70	4.75	5.67	6.47	7.25	7.89	8.22	0.00	0.08	0.17	0.25	0.34	0.42	0.51	0.59	0.68	0.76	40
2800②	2.96	3.85	4.89	5.76	6.43	6.95	7.14	6.80	0.00	0.10	0.20	0.29	0.39	0.49	0.59	0.69	0.79	0.89	
3200	2.94	3.83	4.80	5.52	5.95	6.05	5.60	4.26	0.00	0.11	0.23	0.34	0.45	0.56	0.68	0.79	0.90	1.01	
3600	2.80	3.63	4.46	4.92	4.98	4.47	3.12	—	0.00	0.13	0.25	0.38	0.51	0.63	0.76	0.89	1.01	1.14	
4000	2.51	3.24	3.82	3.92	3.47	2.14	—	—	0.00	0.14	0.28	0.42	0.56	0.70	0.84	0.99	1.13	1.27	
4500	1.93	2.45	2.59	2.04	—	—	—	—	0.00	0.16	0.32	0.48	0.63	0.79	0.95	1.11	1.27	1.43	
5000	1.09	1.29	0.81	—	—	—	—	—	0.00	0.18	0.36	0.53	0.71	0.89	1.07	1.24	1.42	1.60	

① 为优先采用的基准直径。
② 为常用转速。

表 9-62　C 型 V 带的额定功率　(kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm								传动比 i										带速 v/(m·s^{-1})≈
	200①	224①	250①	280①	315①	355	400①	450	1.00~1.01	1.02~1.04	1.05~1.08	1.09~1.12	1.13~1.18	1.19~1.24	1.25~1.34	1.35~1.51	1.52~1.99	≥2	
	单根 V 带基本额定功率 P_0								$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0										
200	1.39	1.70	2.03	2.42	2.86	3.36	3.91	4.51	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	5
300	1.92	2.37	2.85	3.40	4.04	4.75	5.54	6.40	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.26	
400	2.41	2.99	3.62	4.32	5.14	6.05	7.06	8.20	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.23	0.27	0.31	0.35	10
500	2.87	3.58	4.33	5.19	6.17	7.27	8.52	9.81	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44	
600	3.30	4.12	5.00	6.00	7.14	8.45	9.82	11.29	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.29	0.35	0.41	0.47	0.53	15
730②	3.80	4.78	5.82	6.99	8.34	9.79	11.52	12.98	0.00	0.07	0.14	0.21	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.62	
800	4.07	5.12	6.23	7.52	8.92	10.46	12.10	13.80	0.00	0.08	0.16	0.23	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71	20
980②	4.66	5.89	7.18	8.65	10.23	11.92	13.67	15.39	0.00	0.09	0.19	0.27	0.37	0.47	0.56	0.65	0.74	0.83	25
1200	5.29	6.71	8.21	9.81	11.53	13.31	15.04	16.59	0.00	0.12	0.24	0.35	0.47	0.59	0.70	0.82	0.94	1.06	30
1460②	5.86	7.47	9.06	10.74	12.48	14.12	15.51	16.41	0.00	0.14	0.28	0.42	0.58	0.71	0.85	0.99	1.14	1.27	35
1600	6.07	7.75	9.38	11.06	12.72	14.19	15.24	15.57	0.00	0.16	0.31	0.47	0.63	0.78	0.94	1.10	1.25	1.41	40
1800	6.28	8.00	9.63	11.22	12.67	13.73	14.08	13.29	0.00	0.18	0.35	0.53	0.71	0.88	1.06	1.23	1.41	1.59	
2000	6.34	8.06	9.62	11.04	12.14	12.59	11.95	9.64	0.00	0.20	0.39	0.59	0.78	0.98	1.17	1.37	1.57	1.76	
2200	6.26	7.92	9.34	10.48	11.08	10.70	8.75	4.44	0.00	0.22	0.43	0.65	0.86	1.08	1.29	1.51	1.72	1.94	
2400	6.02	7.57	8.75	9.50	9.43	7.98	4.34	—	0.00	0.23	0.47	0.70	0.94	1.18	1.41	1.65	1.88	2.12	
2600	5.61	6.93	7.85	8.08	7.11	4.32	—	—	0.00	0.25	0.51	0.76	1.02	1.27	1.53	1.78	2.04	2.29	
2800②	5.01	6.08	6.56	6.13	4.16	—	—	—	0.00	0.27	0.55	0.82	1.10	1.37	1.64	1.92	2.19	2.47	
3200	3.23	3.57	2.93	—	—	—	—	—	0.00	0.31	0.61	0.91	1.22	1.53	1.83	2.14	2.44	2.75	

① 为优先采用的基准直径。
② 为常用转速。

表 9-63 D 型 V 带的额定功率 (kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm								传动比 i										带速 v/(m·s^{-1})≈
	355①	400①	450①	500①	560①	630	710	800	1.00~1.01	1.02~1.04	1.05~1.08	1.09~1.12	1.13~1.18	1.19~1.24	1.25~1.34	1.35~1.51	1.52~1.99	≥2.00	
	单根 V 带基本额定功率 P_0								$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0										
100	3.01	3.66	4.37	5.08	5.91	6.88	8.01	9.22	0.00	0.03	0.07	0.10	0.14	0.17	0.21	0.24	0.28	0.31	
150	4.20	5.14	6.17	7.18	8.43	9.82	11.38	13.11	0.00	0.05	0.11	0.15	0.21	0.26	0.31	0.36	0.42	0.47	5
200	5.31	6.52	7.90	9.21	10.76	12.54	14.55	16.76	0.00	0.07	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56	0.63	
250	6.36	7.88	9.50	11.09	12.97	15.13	17.54	20.18	0.00	0.09	0.18	0.26	0.35	0.44	0.57	0.61	0.70	0.78	10
300	7.35	9.13	11.02	12.88	15.07	17.57	20.35	23.39	0.00	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.62	0.73	0.83	0.94	
400	9.24	11.45	13.85	16.20	18.95	22.05	25.45	29.08	0.00	0.14	0.28	0.42	0.56	0.70	0.83	0.97	1.11	1.25	15
500	10.90	13.55	16.40	19.17	22.38	25.94	29.76	33.72	0.00	0.17	0.35	0.52	0.70	0.87	1.04	1.22	1.39	1.56	20
600	12.39	15.42	18.67	21.78	25.32	29.18	33.18	37.13	0.00	0.21	0.42	0.62	0.83	1.04	1.25	1.46	1.67	1.88	25
730②	14.04	17.58	21.12	24.52	28.28	32.19	35.97	39.26	0.00	0.24	0.49	0.73	0.97	1.22	1.46	1.70	1.95	2.19	
800	14.83	18.46	22.25	25.76	29.55	33.38	36.87	39.55	0.00	0.28	0.56	0.83	1.11	1.39	1.67	1.95	2.22	2.50	30
980②	16.30	20.25	24.16	27.60	31.00	33.88	35.58	35.26	0.00	0.33	0.66	0.99	1.32	1.60	1.92	2.31	2.64	2.97	35
1100	16.98	20.99	24.84	28.02	30.85	32.65	32.52	29.26	0.00	0.38	0.77	1.15	1.53	1.91	2.29	2.68	3.06	3.44	40
1200	17.25	21.20	24.84	27.61	29.67	30.15	27.88	21.32	0.00	0.42	0.84	1.25	1.67	2.09	2.50	2.92	3.34	3.75	
1300	17.26	21.06	24.35	26.54	27.58	26.37	21.42	10.78	0.00	0.45	0.91	1.35	1.81	2.26	2.71	3.16	3.61	4.06	
1460②	16.70	20.03	22.42	23.28	22.08	17.28	—	—	0.00	0.51	1.01	1.51	2.02	2.52	3.02	3.52	4.03	4.53	
1600	15.63	18.31	19.59	18.88	15.13	6.25	—	—	0.00	0.56	1.11	1.67	2.23	2.78	3.33	3.89	4.45	5.00	
1800	12.97	14.28	13.34	9.59	—	—	—	—	0.00	0.63	1.24	1.88	2.51	3.13	3.74	4.38	5.01	5.62	

① 为优先采用的基准直径。
② 为常用转速。

表 9-64　E 型 V 带的额定功率　(kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm								传动比 i										带速 v/(m·s^{-1})≈
	500①	560①	630①	710①	800	900	1000	1120	1.00～1.01	1.02～1.04	1.05～1.08	1.09～1.12	1.13～1.18	1.19～1.24	1.25～1.34	1.35～1.51	1.52～1.99	≥2.00	
	单根 V 带基本额定功率 P_0								$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0										
100	6.21	7.32	8.75	10.31	12.05	13.96	15.84	18.07	0.00	0.07	0.14	0.21	0.28	0.34	0.41	0.48	0.55	0.62	5
150	8.60	10.33	12.32	14.56	17.05	19.76	22.44	25.58	0.00	0.10	0.20	0.31	0.41	0.52	0.62	0.72	0.83	0.93	
200	10.86	13.09	15.65	18.52	21.70	25.15	28.52	32.47	0.00	0.14	0.28	0.41	0.55	0.69	0.83	0.96	1.10	1.24	10
250	12.97	15.67	18.77	22.23	26.03	30.14	34.11	38.71	0.00	0.17	0.34	0.52	0.69	0.86	1.03	1.20	1.37	1.56	
300	14.96	18.10	21.69	25.69	30.05	34.71	39.17	44.26	0.00	0.21	0.41	0.62	0.83	1.03	1.24	1.45	1.65	1.86	15
350	16.81	20.38	24.42	28.89	33.73	38.84	43.66	49.04	0.00	0.24	0.48	0.72	0.96	1.20	1.45	1.69	1.92	2.17	20
400	18.55	22.49	26.95	31.83	37.05	42.49	47.52	52.98	0.00	0.28	0.55	0.83	1.00	1.38	1.65	1.93	2.20	2.48	
500	21.65	26.25	31.36	36.85	42.53	48.20	53.12	57.94	0.00	0.34	0.64	1.03	1.38	1.72	2.07	2.41	2.76	3.10	25 30
600	24.21	29.30	34.83	40.58	46.26	51.48	55.45	58.42	0.00	0.41	0.83	1.24	1.65	2.07	2.48	2.89	3.31	3.72	35
730②	26.62	32.02	37.64	43.07	47.79	51.13	52.26	50.36	0.00	0.48	0.97	1.45	1.93	2.41	2.89	3.38	3.86	4.34	10
800	27.57	33.03	38.52	43.52	47.38	49.21	48.19	42.77	0.00	0.55	1.10	1.65	2.21	2.76	3.31	3.86	4.41	4.96	
980②	28.52	33.00	37.14	39.56	39.08	34.01	—	—	0.00	0.65	1.29	1.95	2.62	3.27	3.92	4.58	5.23	5.89	
1100	27.30	31.35	33.94	33.74	29.06	17.65	—	—	0.00	0.73	1.47	2.20	2.93	3.67	4.40	5.14	5.87	6.61	
1200	25.53	28.49	29.17	25.91	16.46	—	—	—	0.00	0.80	1.61	2.40	3.21	4.01	4.81	5.61	6.41	7.21	
1300	22.82	24.31	22.56	15.44	—	—	—	—	0.00	0.86	1.74	2.60	3.47	4.34	5.21	6.08	6.94	7.82	
1460②	16.25	14.52	—	—	—	—	—	—	0.00	0.98	1.95	2.92	3.90	4.88	5.85	6.83	7.80	8.78	

① 为优先采用的基准直径。
② 为常用转速。

表 9-65 SPZ 型窄 V 带的额定功率 (kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm								传动比 i										带速 v/(m·s^{-1}) ≈
	63	71	75	80	90	100	112	125	1.00~1.01	1.02~1.05	1.06~1.11	1.12~1.18	1.19~1.26	1.27~1.38	1.39~1.57	1.58~1.94	1.95~3.38	≥3.39	
	单根 V 带的基本额定功率 P_0								$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0										
200	0.20	0.25	0.28	0.31	0.37	0.43	0.51	0.59	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	
400	0.35	0.44	0.49	0.55	0.67	0.79	0.93	1.09	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	
730①	0.56	0.72	0.79	0.88	1.12	1.33	1.57	1.84	0.00	0.01	0.02	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	
800	0.60	0.78	0.87	0.99	1.21	1.44	1.70	1.99	0.00	0.01	0.03	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	5
980①	0.70	0.92	1.02	1.15	1.44	1.70	2.02	2.36	0.00	0.01	0.03	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	
1200	0.81	1.08	1.21	1.38	1.70	2.02	2.40	2.80	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	
1460①	0.93	1.25	1.41	1.60	1.98	2.36	2.80	3.28	0.00	0.02	0.05	0.08	0.11	0.14	0.16	0.18	0.20	0.21	
1600	1.00	1.35	1.52	1.73	2.14	2.55	3.04	3.55	0.00	0.02	0.05	0.09	0.13	0.15	0.18	0.20	0.22	0.23	10
2000	1.17	1.59	1.79	2.05	2.55	3.05	3.62	4.24	0.00	0.02	0.07	0.12	0.16	0.19	0.22	0.25	0.27	0.29	
2400	1.32	1.81	2.04	2.34	2.93	3.49	4.16	4.85	0.00	0.03	0.08	0.14	0.19	0.23	0.27	0.30	0.33	0.35	15
2800①	1.45	2.00	2.27	2.61	3.26	3.90	4.64	5.40	0.00	0.03	0.09	0.16	0.22	0.27	0.31	0.35	0.38	0.41	
3200	1.56	2.18	2.48	2.85	3.57	4.26	5.06	5.88	0.00	0.04	0.11	0.18	0.25	0.31	0.36	0.40	0.44	0.47	20
3600	1.66	2.33	2.65	3.06	3.84	4.58	5.42	6.27	0.00	0.04	0.12	0.20	0.28	0.34	0.40	0.46	0.49	0.52	
4000	1.74	2.46	2.81	3.24	4.07	4.85	5.72	6.58	0.00	0.05	0.13	0.23	0.31	0.38	0.45	0.51	0.55	0.58	25
4500	1.81	2.59	2.96	3.42	4.30	5.10	5.99	6.83	0.00	0.06	0.15	0.26	0.35	0.43	0.51	0.57	0.62	0.66	
5000	1.85	2.68	3.07	3.56	4.46	5.27	6.14	6.92	0.00	0.06	0.17	0.29	0.39	0.48	0.56	0.63	0.69	0.75	

① 为常用转速。

表 9-66　SPA 型窄 V 带的额定功率　(kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm								传动比 i										带速 v/(m·s^{-1})≈
	90	100	112	125	140	160	180	200	1.00~1.01	1.02~1.05	1.06~1.11	1.12~1.18	1.19~1.26	1.27~1.38	1.39~1.57	1.58~1.94	1.95~3.38	≥3.39	
	单根 V 带的基本额定功率 P_0								$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0										
200	0.43	0.53	0.64	0.77	0.92	1.11	1.30	1.49	0.00	0.00	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	
400	0.75	0.94	1.16	1.40	1.68	2.04	2.39	2.75	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.13	5
730①	1.21	1.54	1.91	2.33	2.81	3.42	4.03	4.63	0.00	0.02	0.05	0.09	0.12	0.15	0.17	0.19	0.21	0.22	
800	1.30	1.65	2.07	2.52	3.03	3.70	4.36	5.01	0.00	0.02	0.06	0.10	0.14	0.17	0.20	0.22	0.24	0.25	
980①	1.52	1.93	2.44	2.98	3.58	4.38	5.17	5.94	0.00	0.03	0.07	0.12	0.16	0.20	0.23	0.26	0.28	0.30	10
1200	1.76	2.27	2.86	3.50	4.23	5.17	6.10	7.00	0.00	0.03	0.09	0.15	0.21	0.25	0.29	0.33	0.36	0.38	15
1460①	2.02	2.61	3.31	4.06	4.91	6.01	7.07	8.10	0.00	0.04	0.10	0.18	0.24	0.30	0.35	0.40	0.43	0.46	
1600	2.16	2.80	3.57	4.38	5.29	6.47	7.62	8.72	0.00	0.04	0.12	0.20	0.27	0.33	0.39	0.44	0.48	0.51	
2000	2.49	3.27	4.18	5.15	6.22	7.60	8.90	10.13	0.00	0.05	0.14	0.25	0.34	0.41	0.49	0.55	0.60	0.63	20
2400	2.77	3.67	4.71	5.80	7.01	8.53	9.93	11.22	0.00	0.06	0.17	0.30	0.41	0.50	0.59	0.66	0.72	0.76	25
2800①	3.00	3.99	5.15	6.34	7.64	9.24	10.67	11.92	0.00	0.07	0.20	0.35	0.48	0.58	0.68	0.77	0.84	0.89	30
3200	3.16	4.25	5.49	6.76	8.11	9.72	11.09	12.19	0.00	0.08	0.23	0.40	0.54	0.66	0.78	0.88	0.95	1.01	35
3600	3.26	4.42	5.72	7.03	8.39	9.94	11.15	11.98	0.00	0.10	0.26	0.45	0.62	0.75	0.88	0.99	1.07	1.14	40
4000	3.29	4.50	5.85	7.16	8.48	9.87	10.81	11.25	0.00	0.11	0.29	0.50	0.68	0.83	0.98	1.01	1.19	1.27	
4500	3.24	4.48	5.83	7.09	8.27	9.34	9.78	9.50	0.00	0.12	0.32	0.57	0.77	0.93	1.10	1.24	1.34	1.42	
5000	3.07	4.31	5.61	6.75	7.69	8.28	7.99	6.75	0.00	0.13	0.36	0.63	0.86	1.04	1.22	1.37	1.49	1.58	

① 为常用转速。

表 9-67 SPB 型窄 V 带的额定功率 (kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm								传动比 i										带速 v/(m·s^{-1})≈
	140	160	180	200	224	250	280	315	1.00~1.01	1.02~1.05	1.06~1.11	1.12~1.18	1.19~1.26	1.27~1.38	1.39~1.57	1.58~1.94	1.95~3.38	≥3.39	
	单根 V 带的基本额定功率 P_0								$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0										
200	1.08	1.37	1.65	1.94	2.28	2.64	3.05	3.53	0.00	0.01	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	5
400	1.92	2.47	3.01	3.54	4.18	4.86	5.63	6.53	0.00	0.02	0.06	0.10	0.14	0.17	0.20	0.22	0.25	0.26	10
730①	3.13	4.06	4.99	5.88	6.97	8.11	9.41	10.91	0.00	0.04	0.10	0.18	0.25	0.30	0.35	0.40	0.41	0.46	
800	3.35	4.37	5.37	6.35	7.52	8.75	10.14	11.71	0.00	0.04	0.12	0.21	0.28	0.34	0.40	0.45	0.49	0.52	15
980①	3.92	5.13	6.31	7.47	8.83	10.27	11.89	13.70	0.00	0.05	0.14	0.25	0.34	0.41	0.48	0.54	0.58	0.62	
1200	4.55	5.98	7.38	8.74	10.33	11.99	13.82	15.84	0.00	0.07	0.18	0.31	0.42	0.51	0.60	0.68	0.74	0.78	20
1460①	5.21	6.89	8.50	10.07	11.86	13.72	15.71	17.84	0.00	0.08	0.22	0.38	0.51	0.62	0.73	0.82	0.89	0.94	
1600	5.54	7.33	9.05	10.70	12.59	14.51	16.56	18.70	0.00	0.08	0.24	0.41	0.56	0.68	0.80	0.90	0.98	1.04	25
1800	5.95	7.89	9.74	11.50	13.49	15.47	17.52	19.56	0.00	0.10	0.27	0.47	0.63	0.77	0.90	1.01	1.10	1.17	
2000	6.31	8.38	10.34	12.18	14.21	16.19	18.17	20.00	0.00	0.11	0.30	0.52	0.70	0.85	1.00	1.13	1.23	1.30	30
2200	6.62	8.80	10.83	12.72	14.76	16.68	18.48	19.97	0.00	0.12	0.33	0.57	0.77	0.94	1.10	1.24	1.35	1.43	35
2400	6.86	9.13	11.21	13.11	15.10	16.89	18.43	19.44	0.00	0.13	0.36	0.62	0.84	1.02	1.20	1.35	1.47	1.56	40
2800①	7.15	9.52	11.62	13.41	15.14	16.44	17.13	16.71	0.00	0.15	0.42	0.72	0.98	1.19	1.40	1.58	1.72	1.82	
3200	7.17	9.53	11.43	13.01	14.22				0.00	0.17	0.47	0.83	1.13	1.36	1.60	1.81	1.96	2.08	
3600	6.89	9.10	10.77	11.83					0.00	0.20	0.53	0.93	1.27	1.53	1.80	2.03	2.21	2.34	

① 为常用转速。

表 9-68　SPC 型窄 V 带的额定功率　(kW)

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	小带轮基准直径 d_{d1}/mm								传动比 i										带速 v/(m·s^{-1})≈
	224	250	280	315	355	400	450	500	1.00～1.01	1.02～1.05	1.06～1.11	1.12～1.18	1.19～1.26	1.27～1.38	1.39～1.57	1.58～1.94	1.95～3.38	≥3.39	
	单根 V 带的基本额定功率 P_0								$i\neq1$ 时额定功率的增量 ΔP_0										
200	2.90	3.50	4.18	4.97	5.87	6.86	7.96	9.04	0.00	0.03	0.07	0.13	0.17	0.21	0.24	0.27	0.30	0.32	
400	5.19	6.31	7.59	9.07	10.72	12.56	14.56	16.52	0.00	0.05	0.14	0.25	0.34	0.41	0.49	0.55	0.59	0.63	10
600	7.21	8.81	10.62	12.70	15.02	17.56	20.29	22.92	0.00	0.08	0.22	0.38	0.51	0.62	0.73	0.82	0.89	0.95	15
730①	8.38	10.27	12.40	14.82	17.50	20.41	23.49	26.40	0.00	0.09	0.25	0.44	0.60	0.72	0.85	0.95	1.04	1.10	
800	8.99	11.02	13.31	15.90	18.76	21.84	25.07	28.09	0.00	0.11	0.29	0.50	0.68	0.83	0.97	1.10	1.19	1.26	20
980①	10.39	12.76	15.40	18.37	21.55	25.15	28.83	31.38	0.00	0.13	0.34	0.60	0.81	0.98	1.15	1.30	1.41	1.50	
1200	11.89	14.61	17.60	20.88	24.34	27.33	31.15	33.85	0.00	0.16	0.43	0.75	1.02	1.24	1.46	1.64	1.78	1.89	25 30
1460①	13.26	16.26	19.49	22.92	26.32	29.40	32.01	33.45	0.00	0.19	0.52	0.91	1.24	1.50	1.76	1.98	2.16	2.29	35
1600	13.81	16.92	20.20	23.58	26.80	29.53	31.33	31.70	0.00	0.21	0.58	1.00	1.36	1.65	1.94	2.19	2.38	2.52	40
1800	14.35	17.52	20.70	23.91	26.62	28.42	28.69	26.94	0.00	0.24	0.65	1.13	1.53	1.86	2.19	2.46	2.68	2.84	
2000	14.58	17.70	20.75	23.47	25.37	25.81	23.95	19.35	0.00	0.26	0.72	1.25	1.71	2.07	2.43	2.74	2.97	3.15	
2200	14.47	17.44	20.13	22.18	22.94				0.00	0.29	0.79	1.38	1.88	2.27	2.67	3.01	3.27	3.47	
2400	14.01	16.69	18.86	19.98	19.22				0.00	0.32	0.86	1.51	2.05	2.48	2.92	3.28	3.57	3.79	
2600	12.95	15.14	16.49	16.26					0.00	0.34	0.94	1.63	2.22	2.69	3.16	3.56	3.87	4.10	

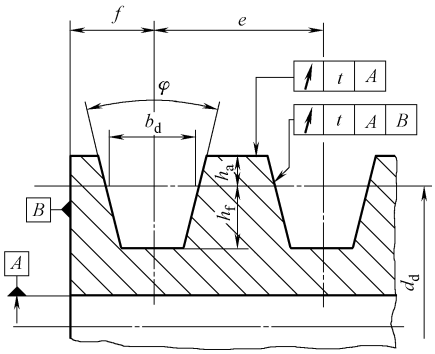
① 为常用转速。

表 9-69　单根普通 V 带功率增量 ΔP_0　　(kW)

型号	传动比 i	小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})													
		400	730	800	980	1200	1460	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000	5000
Y	1.35～1.51	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	≥2	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
Z	1.35～1.51	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
	≥2	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06
A	1.35～1.51	0.04	0.07	0.08	0.08	0.11	0.13	0.15	0.19	0.23	0.26	0.30	0.34	0.38	0.47
	≥2	0.05	0.09	0.10	0.11	0.15	0.17	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44	0.48	0.60
B	1.35～1.51	0.10	0.17	0.20	0.23	0.30	0.36	0.39	0.49	0.59	0.69	0.79	0.89	0.99	1.24
	≥2	0.13	0.22	0.25	0.30	0.38	0.46	0.51	0.63	0.76	0.89	1.01	1.14	1.27	1.60
型号	传动比 i	小带轮转速 n_1(r·min^{-1})													
		200	300	400	500	600	730	800	980	1200	1460	1600	1800	2000	2200
C	1.35～1.51	0.14	0.21	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.65	0.82	0.99	1.10	1.23	1.37	1.51
	≥2	0.18	0.26	0.35	0.44	0.53	0.62	0.71	0.83	1.06	1.27	1.41	1.59	1.76	1.94
D	1.35～1.51	0.49	0.73	0.97	1.22	1.46	1.70	1.95	2.31	2.92	3.52	3.89	4.98	—	—
	≥2	0.63	0.94	1.25	1.56	1.88	2.19	2.50	2.97	3.75	4.53	5.00	5.62	—	—
E	1.35～1.51	0.96	1.45	1.93	2.41	2.89	3.38	3.86	4.58	5.61	6.83	—	—	—	—
	≥2	1.24	1.86	2.48	3.10	3.72	4.34	4.96	5.89	7.21	8.78	—	—	—	—

9.2.2.1.5　V 带带轮的轮槽尺寸及基准直径系列（见表 9-70～表 9-72）

表 9-70　带轮槽型尺寸　　(mm)



槽形		基准宽度 b_d	h_a	h_f	槽间距 e①			f④
普通 V 带轮	窄 V 带轮				基本值	极限偏差②	累积极限偏差③	
Y		5.3	1.6	4.7	8	±0.3	±0.6	6
Z	SPZ	8.5	2	7 9	12	±0.3	±0.6	7
A	SPA	11	2.75	8.7 11	15	±0.3	±0.6	8
B	SPB	14	3.5	10.8 14	19	±0.4	±0.8	11.5
C	SPC	19	4.8	14.3 19	25.5	±0.5	±1	16
D		27	8.1	19.9	37	±0.6	±1.2	23
E		32	9.6	23.4	44.5	±0.7	±1.4	28

① 实际使用中，如冲压板材带轮时，槽间距 e 可能被加大。当不按本标准规定的带轮与符合本标准规定的带轮配合使用时，应引起注意。
② 槽间距（两相邻轮槽截面中线距离）e 的极限偏差。
③ 同一带轮所有轮槽相对槽间距 e 基本值的累计偏差不应超出表中规定值。
④ f 值的偏差应考虑带轮的找正。

表 9-71 带轮楔角与带轮基准直径的对应关系

槽型		带轮楔角 ϕ ±0.5°			
		38°	36°	34°	32°
普通 V 带轮	窄 V 带轮	基准直径 d_d/mm			
Y	—	—		—	—
Z	SPZ	>80	—	≤80	—
A	SPA	>118	—	≤118	—
B	SPB	>190	—	≤190	—
C	SPC	>315	—	≤315	—
D	—	>475	≤475	—	—
E	—	>600	≤600	—	—

表 9-72 带轮基准直径系列

V 带型号	带轮基准直径
Y	20,22.4,25,28,31.5,35.5,40,45,50,56,63,71,80,90,100,112,125
Z ,SPZ	50 *,56 *,63,71,75,80,90,100,112,125,132,140,150,160,180,200,224,250,280,315,355,400,500,630
A,SPA	75 *,80 *,85 *,90,95,100,106,112,118,125,132,140,150,160,180,200,224,250,280,315,355,400,450,500,560,630,710,800
B,SPB	125 *,132 *,140,150,160,170,180,200,224,250,280,315,355,400,450,500,560,600,630,710,750,800,900,1000,1120
C,SPC	224,236,250,265,280,300,315,335,355,400,450,500,560,600,630,710,750,800,900,1000,1120,1250,1400,1600,2000
D	355,375,400,425,450,475,500,560,600,630,710,750,800,900,1000,1060,1120,1250,1400,1500,1600,1800,2000
E	500,530,560,600,630,670,710,800,900,1000,1120,1250,1400,1500,1600,1800,1900,2000,2240,2500

注：带 * 号的只用于普通 V 带。

9.2.2.1.6 V 带带轮材料及结构

1. 带轮材料

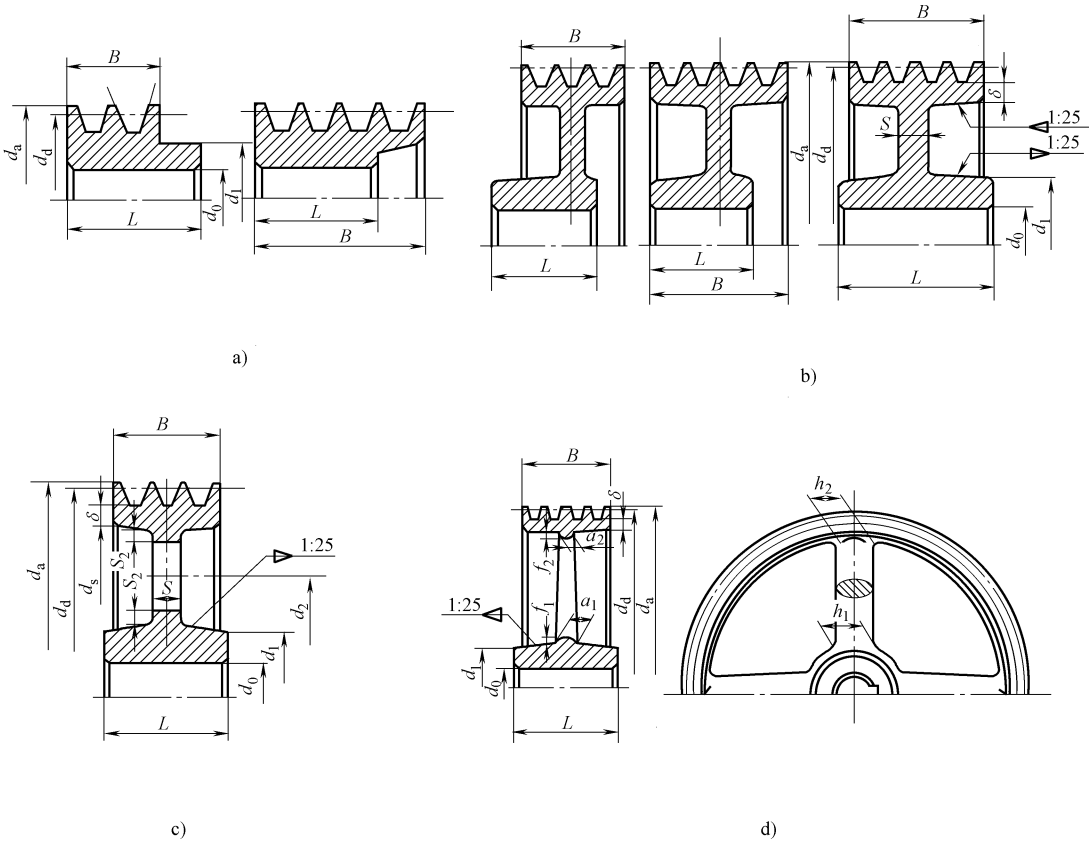
带轮材料常采用灰铸铁、钢、铝合金或工程塑料等。灰铸铁应用最广，当 $v<30$m/s 时用 HT150 或 HT200，当 $v>25\sim45$m/s 时则宜采用孕育铸铁或铸钢，也可用钢板冲压—焊接带轮。

小功率传动可用铸铝或塑料。

汽车、农业机械的辅助传动常用钢板冲压带轮或旋压带轮。

2. V 带轮结构

V 带轮的结构设计见图 9-27，其结构形式和辐板厚度见表 9-73。



图中结构尺寸可参考下列经验公式定

$d_1=(1.8\sim2)d_0$，d_0为轴径，

$L=(1.5\sim2)d_0$，或由轴的长度（例如电动机轴）而定，

$d_2=(d_s+d_1)/2$，$h_2=0.8h_1$，$a_1=0.4h_1$，$a_2=0.8a_1$，$f_1=0.2h_1$，$f_2=0.2h_2$

S_{min}由带型号定 $\begin{cases}\text{型号：} & \text{Z} & \text{A} & \text{B} & \text{C} & \text{D} & \text{E} & \text{F}\\ S_{min}\text{：} & 8 & 10 & 14 & 18 & 22 & 28 & 36\end{cases}$

$$h_1=290\sqrt[3]{\frac{P}{nZ_0}}$$

式中　P——传递功率（kW）；

n——转速（r/min）；

Z_0——轮辐数。

图9-27　V带轮结构

a）实心轮　b）辐板轮　c）孔板轮　d）椭圆辐轮

表 9-73　V 带轮的结构形式和辐板厚度　（mm）

槽型①	孔径 d_0	带轮基准直径 d_d																																								槽数 z
		63	71	75	80	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	170	180	200	212	224	236	250	265	280	300	315	355	375	400	425	450	475	500	530	560	600	630	710	750～2500	
		辐板厚度S																																							
Z	12 14					6				7																															1～2
	16 18						7				8			9																											1～3
	20 22																																								1～4
	24 25					实															10																				1～4
	28 30																	10																							1～4
	32 35													辐							四																				2～4
A (SPZ 9 N)	10 18										10			11			12	12		13																					1～3
	20 22																12																								1～4
	24 25																				孔																				1～5
	28 30						心							12			13			14			15		16																1～6
	32 35																板									16			四												2～6
	38 40																			14			板				六			椭											2～6
	42 45												轮															18			圆	辐	轮								2～6
B (SPA)	32 35																14			16	16		18			18		20														2～6
	38 40																																									2～6
	42 45																				轮						孔														3～8
	50 55																						18		18	20		22		24											3～8
	60 65																																								3～8
C (SPB 15 N)	42 45																		18			20		20	轮			24		25		26			六						3～6
	50 55																								22		22															3～6
	60 65																			实			22				24		板						椭						3～7
	70 75																				心				24			25				28	30			圆					3～7
	80 85																					轮							20												5～9
D (SPC)	60 65																										22			轮											3～6
	70 75																											25									辐				3～6
	80 85																											26	28	28		30									3～7
	90 95																																			32			轮		3～7
	100 110																												30			32				34					5～9
E (25 N)	80 85																																辐								3～6
	90 95																																28								3～6
	100 110																																	板							5～7
	120 130																																		30	轮	32				5～7
	140 150																																			34					6～9

① 窄V带传动可参考本表选用，括号内的带型与对应的普通V带的工作能力相当。

9.2.2.2 同步齿形带设计数据（表9-74～表9-93）

表9-74 同步带的工况系数 K_A（摘自 JB/T 7512.3—2014）

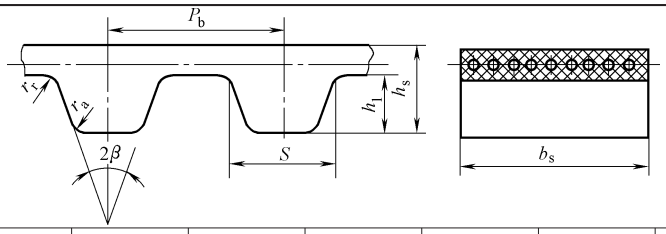
工况		K_A					
		软起动			负载起动		
变化情况	瞬时峰值载荷/额定工作载荷	每天工作小时数/h					
		<10	10～16	>16	<10	10～16	>16
载荷平稳		1.0	1.2	1.4	1.2	1.4	1.6
载荷变动小	<150%	1.4	1.6	1.8	1.6	1.8	2.0
载荷变动较大	≥150%～250%	1.5	1.7	1.9	1.7	1.9	2.1
载荷变化很大	≥250%～400%	1.6	1.8	2.0	1.8	2.0	2.2
载荷变动大而频繁	≥250%	1.7	1.9	2.1	1.9	2.1	2.3

注：1. 经常正反转使用张紧轮时，K_A 应乘1.1，间断性工作，K_A 可乘0.9。
2. 增速传动时，K_A 应乘下列系数：增速比为1.25～1.74、1.75～2.49、2.50～3.49、≥3.50时，工况系数分别乘以1.05、1.10、1.18、1.28。

表9-75 同步带轮的公差和表面粗糙度（摘自 GB/T 11361—2008） （mm）

项目		符号	带轮外径 d_a								
			≤25.4	>25.4～50.8	>50.8～101.6	>101.6～177.8	>177.8～304.8	>304.8～508	>508～762	>762～1016	>1016
外径极限偏差		Δd_a	+0.05 0	+0.08 0	+0.10 0	+0.13 0	+0.15 0	+0.18 0	+0.20 0	+0.23 0	+0.25 0
节距偏差	任意两相邻齿	Δp	±0.03								
	90°弧内累积	Δp_Σ	±0.05	±0.08	±0.10	±0.13	±0.15			±0.18	±0.20
外圆径向圆跳动公差		δt_2	0.13					0.13+(d_a−203.2)×0.0005			
端面轴向圆跳动公差		δt_1	0.10			0.001d_a			0.25+(d_a−254.0)×0.0005		
轮齿与轴孔平行度公差			<0.001B(B—轮宽，B<10mm时，按10mm计算)								
外圆锥度			<0.001B(B<10mm时，按10mm计算)								
轴孔直径极限偏差		Δd_0	H7或H8								
外圆、齿面的表面粗糙度			Ra3.2～Ra6.3								

表9-76 梯形齿同步带的齿形尺寸（摘自 GB/T 11616—2013） （mm）



带型①		MXL	XXL	XL	L	H	XH	XXH
节距 P_b		2.032	3.175	5.080	9.525	12.70	22.225	31.750
齿形尺寸	齿形角 2β/(°)	40	50	50	40	40	40	40
	齿根厚 S	1.14	1.73	2.57	4.65	6.12	12.57	19.05
	齿高 h_1	0.51	0.76	1.27	1.91	2.29	6.35	9.53
	带高 h_s②	1.14	1.52	2.30	3.60	4.30	11.20	15.70
	半径 r_r	0.13	0.20	0.38	0.51	1.02	1.57	2.29
	r_a	0.13	0.30	0.38	0.51	1.02	1.19	1.52
	节根距 a	0.254	0.254	0.254	0.381	0.686	1.397	1.524
宽度范围		3～6.4	3～6.4	6.4～10	13～25	20～76	50～100	50～127
推荐最小带轮节径 d_{pmin}		6	10	16	36	63	125	220
节线长度范围		91～500	127～560	150～660	315～1525	610～4320	1290～4445	1780～4570

① 带型含义：MXL—最轻型，XXL—超轻型，XL—特轻型，L—轻型，H—重型，XH—特重型，XXH—超重型。
② 为单面带高。

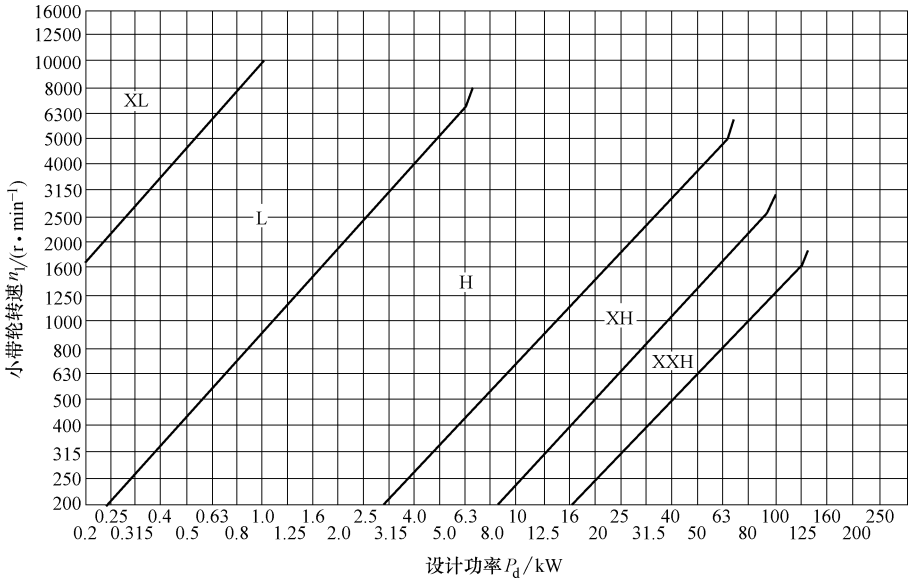


图 9-28　梯形齿同步带选型图

表 9-77　小带轮最少齿数（摘自 GB/T 11362—2008）

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	带　型						
	MXL	XXL	XL	L	H	XH	XXH
<900	10	10	10	12	14	18	18
900～1200	12	12	10	12	16	24	24
1200～1800	14	14	12	14	18	26	26
1800～3600	16	16	12	16	20	30	—
≥3600	18	18	15	18	22	—	—

表 9-78　基准宽度同步带的工作拉力和单位长度的质量（摘自 GB/T 11362—2008）

带型	MXL	XXL	XL	L	H	XH	XXH
T_a/N	27	31	50	245	2100	4050	6400
m/(kg·m^{-1})	0.007	0.01	0.022	0.096	0.448	1.484	2.473

表 9-79　同步带的基准宽 b_{s0}（摘自 GB/T 11362—2008）　　(mm)

带型	MXL XXL	XL	L	H	XH	XXH
b_{s0}	6.4	9.5	25.4	76.2	101.6	127.0

表 9-80　模数制同步带齿形尺寸（摘自 JB/T 7512.1—2014）　　(mm)

模数 m		1	1.5	2	3	4	5	7	10
节距		3.14	4.71	6.28	9.42	12.57	15.71	21.99	31.42
齿形尺寸	齿形角 2β/(°)	50°	50°	40°	40°	40°	40°	40°	40°
	齿根厚 S	1.58	2.16	2.87	4.31	5.75	7.18	10.06	14.37
	齿顶厚 S_a	1.0	1.5	1.8	3.2	4.4	5.0	8.0	12.0
	齿高 h_1	0.8	1.2	1.5	2.0	2.5	3.5	6.0	9.0
	带高 h_s	1.6	2.2	3.0	4.0	5.0	6.5	11.0	15.0
	圆角半径 r_r	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0	1.2	1.5	2.0
	r_a	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0	1.2	1.2	1.5
	节根距 a	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8
宽度范围		8～32	10～50	12～60	12～60	16～100	20～100	25～125	40～200
节线长度范围		150～945	200～1260	275～1570	330～1885	502～2515	628～3142	990～4398	1570～6283

注：1. 齿形参数见表 9-75 梯形齿同步带的齿形尺寸表中的图。
　　2. 工作温度 -20～80℃。

表 9-81 梯形齿同步带轮节圆直径（摘自 GB/T 11361—2008） （mm）

带轮齿数 z	标准直径													
	MXL		XXL		XL		L		H		XH		XXH	
	d	d_a	d	d_a	d	d_a	d	d_a	d	d_a	d	d_a	d	d_a
10	6.47	5.96	10.11	9.60	16.17	15.66								
11	7.11	6.61	11.12	10.61	17.79	17.28								
12	7.76	7.25	12.13	11.62	19.40	18.90	36.38	35.62						
13	8.41	7.90	13.14	12.63	21.02	20.51	39.41	38.65						
14	9.06	8.55	14.15	13.64	22.64	22.13	42.45	41.69	56.60	55.23				
15	9.70	9.19	15.16	14.65	24.26	23.75	45.48	44.72	60.64	59.27				
16	10.35	9.84	16.17	15.66	25.87	25.36	48.51	47.75	64.68	63.31				
17	11.00	10.49	17.18	16.67	27.49	26.98	51.54	50.78	68.72	67.35				
18	11.64	11.13	18.19	17.68	29.11	28.60	54.57	53.81	72.77	71.39	127.34	124.55	181.91	178.86
19	12.29	11.78	19.20	18.69	30.72	30.22	57.61	56.84	76.81	75.44	134.41	131.62	192.02	188.97
20	12.94	12.43	20.21	19.70	32.34	31.83	60.64	59.88	80.85	79.48	141.49	138.69	202.13	199.08
(21)	13.58	13.07	21.22	20.72	33.96	33.45	63.67	62.91	84.89	83.52	148.56	145.77	212.33	209.18
22	14.23	13.72	22.23	21.73	35.57	35.07	66.70	65.94	88.94	87.56	155.64	152.84	222.34	219.29
(23)	14.88	14.37	23.24	22.74	37.19	36.68	69.73	68.97	92.98	91.61	162.71	159.92	232.45	229.40
(24)	15.52	15.02	24.26	23.75	38.81	38.30	72.77	72.00	97.02	95.65	169.79	166.99	242.55	239.50
25	16.17	15.66	25.27	24.76	40.43	39.92	75.80	75.04	101.06	99.69	176.86	174.07	252.66	249.61
(26)	16.82	16.31	26.28	25.77	42.04	41.53	78.83	78.07	105.11	103.73	183.94	181.14	262.76	259.72
(27)	17.46	16.96	27.29	26.78	43.66	43.15	81.86	81.10	109.15	107.78	191.01	188.22	272.87	269.82
28	18.11	17.60	28.30	27.79	45.28	44.77	84.89	84.13	113.19	111.82	198.08	195.29	282.98	279.93
(30)	19.40	18.90	30.32	29.81	48.51	48.00	90.96	90.20	121.28	119.90	212.23	209.44	303.19	300.14
32	20.70	20.19	32.34	31.83	51.74	51.24	97.02	96.26	129.36	127.99	226.38	223.59	323.4	320.35
36	23.29	22.78	36.38	35.87	58.21	57.70	109.15	108.39	145.53	144.16	254.68	251.89	363.83	360.78
40	25.37	25.36	40.43	39.92	64.68	64.17	121.28	120.51	161.70	160.33	282.98	280.18	404.25	402.21
48	31.05	30.54	48.51	48.00	77.62	77.11	145.53	144.77	194.04	192.67	339.57	336.78	485.10	482.06
60	38.81	38.30	60.64	60.13	97.02	96.51	181.91	181.15	242.55	241.18	424.47	421.67	606.38	603.33
72	46.57	46.06	72.77	72.26	116.43	115.92	218.3	217.53	291.06	289.69	509.36	506.57	727.66	724.61
84							254.68	253.92	339.57	338.20	594.25	591.46	848.93	845.88
96							291.06	290.3	388.08	386.71	679.15	676.35	970.21	967.16
120							363.83	363.07	485.10	483.73	848.93	846.14	1212.76	1209.71
156									630.64	629.26				

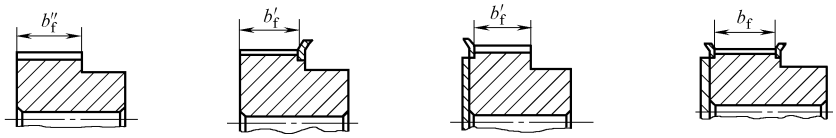
注：1. d 为节圆直径，d_a为外径。

2. 括号中的齿数为非优先的直径尺寸。

表 9-82　周节制梯形齿同步齿形带的节线长度及齿数（摘自 GB/T 11616—2013）

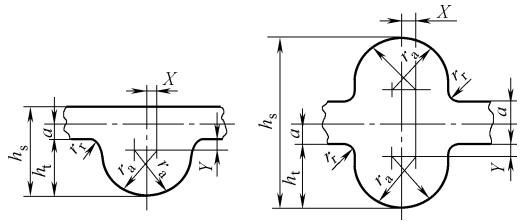
长度代号	节线长 L_p/mm	齿数 z				长度代号	节线长 L_p/mm	齿数 z				长度代号	节线长 L_p/mm	齿数 z		
		MXL	XXL	XL	L			XL	L	H	XH			H	XH	XXH
36	91.44	45				210	533.40	105	56			630	1600.20	126	72	
40	101.60	50				220	558.80	110				660	1676.40	132		
44	111.76	55				225	571.50		60			700	1778.00	140	80	56
48	121.92	60				230	584.20	115				750	1905.00	150		
50	128.02	63				240	609.60	120	64	48		770	1955.80		88	
56	142.24	70				250	635.00	125				800	2032.00	160		64
60	152.40	75	48	30		255	647.70		68			840	2133.60		96	
64	162.56	80				260	660.40	130				850	2159.00	170		
70	177.80		56	35		270	685.80		72	54		900	2286.00	180		72
72	182.88	90				285	723.90		76			980	2489.20		112	
80	203.20	100	64	40		300	762.00		80	60		1000	2540.00	200		80
88	223.52	110				322	819.15		86			1050	2667.00	210		
90	228.60		72	45		328	833.12		87			1100	2794.00	220		
100	254.00	125	80	50		330	838.20			66		1120	2844.80		128	
110	279.40		88	55		345	876.30		92			1200	3048.00			96
112	284.48	140				360	914.40			72		1250	3175.00	250		
120	304.80		96	60		367	933.45		98			1260	3200.40		144	
124	314.96	155			33	390	990.60		104	78		1400	3556.00	280	160	112
130	330.20		104	65		420	1066.80		112	84		1540	3911.60		176	
140	355.60	175	112	70		450	1143.00		120	90		1600	4064.00			128
150	381.00		120	75	40	480	1219.20		128	96		1700	4318.00	340		
160	406.40	200	128	80		507	1289.05				58	1750	4445.00		200	
170	431.80			85		510	1295.40		136	102		1800	4572.00			144
180	457.20	225	144	90		540	1371.60		144	108						
187	476.25				50	560	1422.40				64					
190	482.60			95		570	1447.80			114						
200	508.00	250	160	100		600	1524.00		160	120						

表 9-83　周节制梯形齿同步齿形带带轮的宽度（GB/T 11361—2008）　　（mm）



型号	轮宽代号	轮宽基本尺寸	b_f	b''_f	b'_f	型号	轮宽代号	轮宽基本尺寸	b_f	b''_f	b'_f
MXL	012	3.0	3.8	5.6	4.7	H	075	19.1	20.3	24.8	22.6
	019	4.8	5.3	7.1	6.2		100	25.4	26.7	31.2	29.0
	025	6.4	7.1	8.9	8.0		150	38.1	39.4	43.9	41.7
XXL	012	3.0	3.8	5.6	4.7		200	50.8	52.8	57.3	55.1
	019	4.8	5.3	7.1	6.2		300	76.2	79.0	83.5	81.3
	025	6.4	7.1	8.9	8.0	XH	200	50.8	56.6	62.6	59.6
XL	025	6.4	7.1	8.9	8.0		300	76.2	83.8	89.8	86.9
	031	7.9	8.6	10.4	9.5		400	101.6	110.7	116.7	113.7
	037	9.5	10.7	12.2	11.1	XXH	200	50.8	56.6	64.1	60.4
L	050	12.7	14.0	17.0	15.5		300	76.2	83.8	91.3	87.3
	075	19.1	20.3	23.3	21.8		400	101.6	110.7	118.2	114.5
	100	25.4	26.7	29.7	28.2		500	127	137.7	145.2	141.5

表 9-84 圆弧齿同步带（HTD 带）齿形尺寸 （mm）



带型		3M	5M	8M	14M	20M
节距 P_b		3.00	5.00	8.00	14.00	20.00
齿形尺寸	齿根厚 S	1.78	3.05	5.15	9.40	14.0
	齿高 h_t	1.22	2.06	3.38	6.02	8.4
	带高 h_s	2.40	3.80	6.00 8.10①	10.0 14.8①	13.20
	圆角半径 r_r	0.30	0.45	0.76	1.35	2.01
	弧半径 r_s	0.87	1.49	2.59	4.55	6.50
	节根距 a	0.381	0.572	0.686	1.397	2.16
带宽范围		6～15	9～40	20～85	30～170	70～340
最小带轮节径		9.5	22.4	56.0	125	230
节线长度范围		120～1800	295～2350	416～4400	966～6860	2000～6600

注：ISO 13050 只规定了 8mm 和 14mm 两种节距标准，带型前字母“H”“DH”分别表示圆弧齿单面带、圆弧齿双面带，此外标准中还给出了齿形圆弧中心坐标供参考。

① 系双面带高。

表 9-85 圆弧齿同步带的宽度系列（摘自 JB/T 7512.1—2014） （mm）

带宽代号	3M	5M	8M	14M	20M	带宽代号	3M	5M	8M	14M	20M
	宽度 b_s						宽度 b_s				
6	*6					70			70		70
9	*9	*9				85			*85	*85	85
15	*15	*15				100				100	100
20		20	*20			115				*115	*115
25		*25	25			130				130	130
30		30	*30	30		150				150	150
40		40	40	*40		170				*170	*170
50			*50			230					230
55				*55		290					*290
60			60			340					*340

注：带“*”的宽度为优选尺寸系列，ISO 标准中只有此宽度系列。

表 9-86 圆弧齿同步带（HTD 带）节线长系列 （mm）

3M		5M		8M		14M		20M	
节线长	齿数	节线长	齿数	节线长	齿数	节线长	齿数	节线长	齿数
120	40	295	59	416	52	*966	69	2000	100
150	50	300	60	*480	60	*1190	85	2500	125
177	59	320	64	*560	70	*1400	100	3400	170
192	64	350	70	600	75	1540	110	4200	210
201	67	375	75	*640	80	*1610	115	5000	250
225	75	400	80	*720	90	*1778	127	5400	270
240	80	420	84	*800	100	*1890	135	5800	290
252	84	450	90	*880	110	*2100	150	6200	310
264	88	475	95	*960	120	*2310	165	6600	330
276	92	500	100	*1040	130	*2450	175		
300	100	550	110	*1120	140	*2590	185		

（续）

3M		5M		8M		14M		20M	
节线长	齿数	节线长	齿数	节线长	齿数	节线长	齿数	节线长	齿数
339	113	600	120	*1200	150	2800	200		
384	128	615	123	*1280	160	*3150	225		
420	140	635	127	*1440	180	*3360	240		
459	153	670	134	*1600	200	*3500	250		
486	162	710	142	*1760	220	*3850	275		
501	167	740	148	*1800	225	*4326	309		
537	179	800	160	*2000	250	*4578	327		
564	188	830	166	*2400	300	*4956	354		
633	211	870	174	*2600	325	*5320	380		
750	250	890	178	*2800	350	*5740	410		
936	312	930	186	3048	381	*6160	440		
1800	600	950	190	3280	410	*6860	490		
		975	195	*3600	450				
		1000	200	*4400	550				
		1050	210						
		1125	225						
		1145	229						
		1270	254						
		1350	270						
		1420	284						
		1500	300						
		1595	319						
		1800	360						
		1870	374						
		2000	400						
		2350	470						

注 1. 本表摘录的是圆弧齿同步带节线长度系列。如果需要，可查阅标准（JB/T 7512.1—2014）或制造厂产品目录。
2. 带 * 的节线长是 ISO 13050 规定的标准长度系列。

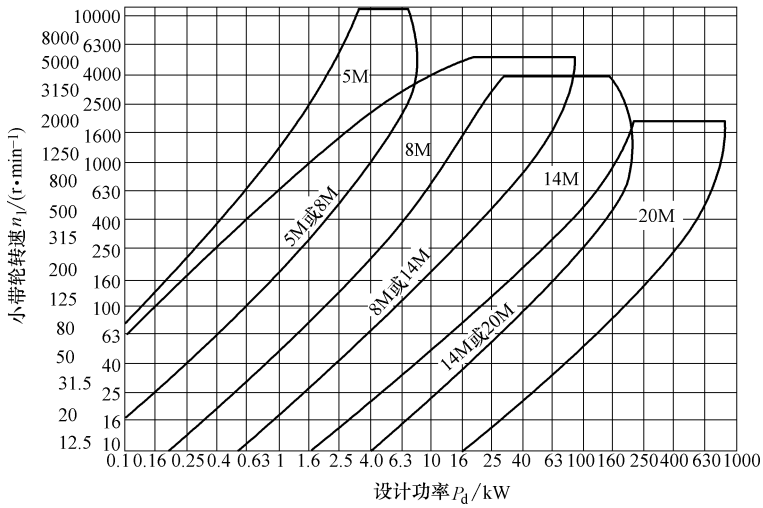


图 9-29　圆弧齿同步带选型图

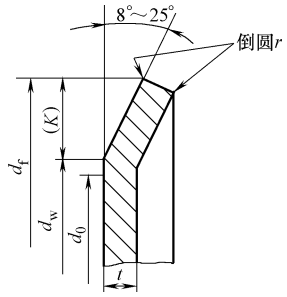
表 9-87　弧齿同步带传动小带轮最少齿数 z_{min}

小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	带型					小带轮转速 n_1/(r·min^{-1})	带型				
	3M	5M	8M	14M	20M		3M	5M	8M	14M	20M
<900	10	12	22	34	38	1800～3500	12	14	28		
900～1200	10	12	24	38	40	>3500			30		
1200～1800	12	14	26	40							

表 9-88　弧齿同步带传动带长影响系数 K_L

带型					K_L	带型					K_L
3M	5M	8M	14M	20M		3M	5M	8M	14M	20M	
节线长 L_p/mm						节线长 L_p/mm					
<190	<400	<600	<1400	<2000	0.8	>260～400	>550～800	>900～1250	>2000～2500	>3400～4600	1.00
				>2000～2500	0.85				>2500～3400	>4600～5600	1.05
>190～260	>400～550	>600～900	>1400～1700		0.9	>400～600	>800～1100	>1250～1800	>3400	>5600	1.10
			>1700～2000	>2500～3400	0.95	>600	>1100	>1800			1.20

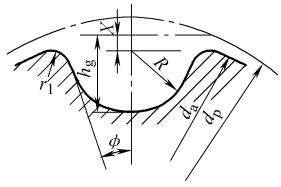
表 9-89　同步带带轮的挡圈尺寸　(mm)



带型	MXL	XXL	XL	L	H	XH	XXH
K_{min}	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	4.8	6.1
t	0.5～1.0	0.5～1.5	1.0～1.5	1.0～2.0	1.5～2.5	4.0～5.0	5.0～6.5
r	0.5～1						
d_w	$d_w=(d_0+0.38)\pm0.25$　(d_0—带轮外径)						
d_f	$d_f=d_w+2K$						

注：1. 一般小带轮均装双边挡圈或大、小轮的不同侧各装单边挡圈。
2. 中心距 $a>8d_1$（d_1—小带轮节径），两轮均装双边挡圈。
3. 轮轴垂直水平面时，两轮均应装双边挡圈；或至少主动轮装双边挡圈，从动轮下侧装单边挡圈。

表 9-90　圆弧齿同步带带轮轮齿尺寸



项目		符号	槽型				
			3M	5M	8M	14M	20M
节圆直径		d_p	$d_p=\frac{zP_b}{\pi}$				
外圆直径		d_a	$d_a=d_p-2a$				
齿形尺寸	齿槽弧半径	R	0.91±0.02	1.56±0.05	2.57±0.08	4.63±0.10	6.84±0.12
	齿槽深	h_g	$1.28^{0}_{-0.05}$	$2.16^{0}_{-0.08}$	$3.54^{0}_{-0.12}$	$6.30^{0}_{-0.13}$	$8.60^{0}_{-0.15}$
	齿槽角	$2\phi\approx$	14°	14°	14°	14°	14°
	齿顶圆角半径	r_1	$0.29^{+0.05}_{0}$	$0.48^{+0.05}_{0}$	$0.78^{+0.10}_{0}$	$1.36^{+0.12}_{0}$	$1.95^{+0.20}_{0}$
	节顶距	$2a$	0.762	1.144	1.372	2.790	4.320

表 9-91　圆弧齿同步带带轮挡圈尺寸

槽　　型	3M	5M	8M	14M	20M
挡圈最小高度 K_{min}	2.0～2.5	2.5～3.5	4.0～5.5	7.0～7.5	8.0～8.5
挡圈厚度 t	1.5～2.0	1.5～2.0	1.5～2.5	2.5～3.0	3.0～3.5

表 9-92　双面同步带带高 h_d　（mm）

带型	MXL	XL	L	H	XH	XXH
公称高度	1.53	3.05	4.58	5.95	15.49	22.11

表 9-93　圆弧齿同步带带轮宽度尺寸　（mm）

轮宽代号	3M		5M		8M		14M		20M		轮宽代号	3M		5M		8M		14M		20M	
	b_f	b_f''	b_f	b_f''	b_f	b_f''	b_f	b_f''	b_f	b_f''		b_f	b_f''	b_f	b_f''	b_f	b_f''	b_f	b_f''	b_f	b_f''
6	7.3	11.0									70					73.0	80.0	73	85	73.5	85
9	10.3	14.0	10.3	14.0							85					89.0	96.0	89	101	89.5	102
15	16.3	20.0	16.3	20.0							100							104	116	104.5	117
20			21.3	25.0	22.0	30.0					115							120	131	120.5	134
25			26.3	30.0	21.0	35.0					130							135	146	136	150
30			31.3	35.0	32.0	40.0	32	45			150							155	166	158	172
40			41.3	45.0	42.0	50.0	42	55			170							175	186	178	192
50					53.0	60.0					230									238	254
55							58	70			290									298	314
60					63.0	70.0					340									348	364

注：b_f——双边挡圈带轮的最小宽度；

b_f''——无挡圈带轮的最小宽度，其极限偏差为 $^{0}_{-0.2}$ mm。

9.2.2.3　平带设计数据（表 9-94～表 9-103）

表 9-94　平带轮直径系列

50	56	63	71	80	90	100	112	125	140	160	180	200	224	250	280

表 9-95　普通平带尺寸规格　（mm）

带型①	胶布层数 z	带厚②δ	宽度范围 b	最小带轮直径 D_{min}	
				推荐	许用
190	3	3.6	16～20	160	112
240	4	4.8	20～315	224	160
290	5	6.0	63～315	280	200
340	6	7.2	200～500	315	224
385	7	8.4		355	280
425	8	9.6		400	315
450	9	10.8	355～500	450	355
500	10	12		500	400
560	12	14.4		630	500
宽度系列	16　20　25　32　40　50　63　71　80　90　100　112　125　140　160　180　200　224　250　280　315　355　400　450　500				

① 带型是用普通平带全厚度的最小拉伸强度（N/mm）表示的（GB/T 524—2007）。

② 带厚为参考值。

表 9-96　普通平带（胶帆布带）单位长度传递的基本额定功率 P_0（包角 $\alpha=180°$，载荷平稳，每层胶布单位宽度的预紧力 $F_0=2.25$N/mm）　　（kW/mm）

带型	小带轮直径 d_1/mm	带速 v/(m·s^{-1})												
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
190 (3)	125	0.045	0.059	0.073	0.086	0.098	0.109	0.118	0.127	0.135	0.142	0.146	0.149	0.149
	160	0.052	0.069	0.085	0.100	0.114	0.127	0.138	0.148	0.157	0.165	0.170	0.174	0.173
	≥200	0.053	0.071	0.087	0.102	0.117	0.129	0.141	0.151	0.160	0.169	0.174	0.178	0.178
240 (4)	180	0.068	0.090	0.111	0.130	0.149	0.166	0.180	0.193	0.205	0.216	0.223	0.227	0.226
	224	0.069	0.092	0.114	0.134	0.154	0.169	0.185	0.198	0.211	0.222	0.228	0.233	0.233
	≥280	0.071	0.094	0.116	0.136	0.156	0.173	0.188	0.202	0.214	0.225	0.233	0.237	0.237
290 (5)	250	0.086	0.113	0.140	0.165	0.188	0.208	0.227	0.244	0.259	0.272	0.280	0.286	0.286
	315	0.088	0.116	0.144	0.170	0.194	0.214	0.233	0.251	0.266	0.280	0.288	0.294	0.294
	≥400	0.090	0.120	0.146	0.172	0.196	0.218	0.237	0.254	0.270	0.284	0.293	0.299	0.298
340 (6)	315	0.104	0.137	0.170	0.200	0.229	0.253	0.275	0.296	0.314	0.331	0.340	0.348	0.347
	400	0.105	0.139	0.173	0.204	0.232	0.258	0.280	0.301	0.320	0.336	0.347	0.353	0.353
	≥500	0.108	0.142	0.176	0.207	0.236	0.262	0.285	0.306	0.325	0.342	0.353	0.360	0.359

表 9-97　平带传动的包角修正系数 K_α

α	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
K_α	0.78	0.82	0.86	0.90	0.94	0.97	1.00	1.03	1.05	1.08	1.12

表 9-98　平带传动布置系数 K_β

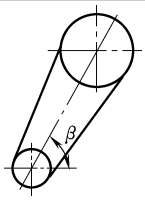
传动形式	两轮轴连心线与水平线交角 β		
	0°～60°	60°～80°	80°～90°
	K_β		
自动张紧	1.0	1.0	1.0
开口传动(定期张紧或改缝)	1.0	0.9	0.8
交叉传动	0.9	0.8	0.7
半交叉传动,有导轮的角度传动	0.8	0.7	0.6

表 9-99　平带长度系列（摘自 GB/T 11358—1999）

优选系列	500,560,630,710,800,900,1000,1120,1250,1400,1600,1800,2000,2240,2500,2800,3150,3550,4000,4500,5000
第二系列	530,600,670,750,850,950,1060,1180,1320,1500,1700,1900

注：1. 本长度系列是在规定预紧力下的长度。
2. 表中长度系列不够使用，可在系列两端按 GB/T 321—2005 中 R20 扩展，也可在长度系列任意两个值间按 GB/T 321—2005 中 R40 增项。
3. 如需要，可切去一部分长度，并在带的断头处连接起来，形成任意长度以适应特殊用途。

表 9-100　平带的全厚度拉伸强度

拉伸强度规格	全厚度拉伸强度		棉帆布参考层数
	纵向最小值/(kN/m)	横向最小值/(kN/m)	
190	190	75	3
240	240	95	4
290	290	115	5
340	340	130	6
385	385	225	7

（续）

拉伸强度规格	全厚度拉伸强度		棉帆布参考层数
	纵向最小值/(kN/m)	横向最小值/(kN/m)	
425	425	250	8
450	450	不作规定	9
500	500		10
560	560		12

注：宽度小于400mm的带不作横向全厚度拉伸强度试验。

表 9-101　轮宽公称尺寸及公差（摘自 GB/T 11358—1999）　（mm）

公称尺寸	20,25,32,40,50,63,71	80,90,100,112,125,140	160,180,200,224,250,280	315,355,400,450,500,560,630
公差	±1	±1.5	±2	±3

表 9-102　带轮直径及极限偏差（摘自 GB/T 11358—1999）　（mm）

公称尺寸	公差	公称尺寸	公差	公称尺寸	公差	公称尺寸	公差
20 25	±0.4	71 80	±1	224 250	±2.5	560 630 710	±5
32 40	±0.5	90 100 112	±1.2	280 315 355	±3.2	800 900 1000	±6.3
45 50	±0.6	125 140	±1.6	400 450 500	±4	1120 1250 1400	±8
56 63	±0.8	160 180 200	±2	560 630 710	±5	1600 1800 2000	±10

表 9-103　包边式平带的带轮最小直径　（mm）

拉伸强度规格	5m/s	10m/s	15m/s	20m/s	25m/s	30m/s
190	80	112	125	140	160	180
240	140	160	180	200	224	250
290	200	224	250	280	315	355
340	315	355	400	450	500	560
385	450	500	560	630	710	710
425	500	560	710	710	800	900
450	630	710	800	900	1000	1120
500	800	900	1000	1000	1120	1250
560	1000	1000	1120	1250	1400	1600

9.3　链传动

9.3.1　基本设计计算方法

9.3.1.1　概述

9.3.1.1.1　链传动的特点及应用

链传动是具有中间挠性件的啮合传动，如图 9-30 所示：链传动是通过具有特殊齿形的主动链轮 1、从动链轮 2 和一条闭合的中间挠性链条 3 的啮合来传递运动和力。

因为链传动是具有中间挠性件的啮合传动，因此综合了带传动与啮合传动的特点，其优点是：平均速比 i 准确，无滑动，结构紧凑，轴上压力小，传动效率高 $\eta=98\%$，承载能力高；可远距离传动，成本低；缺点是：瞬时传动比不恒定，传动不平稳，传动时有噪声，冲击，对安装精度要求较高。

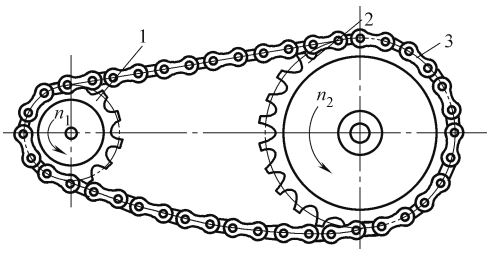


图9-30　链传动简图

1—主动链轮　2—从动链轮　3—链条

根据以上特点，链传动更适于以下工作条件：

1）传动比通常 $i\leqslant6$，推荐 $i=2\sim3.5$；

2）链速通常 $v\leqslant15\text{m/s}$，最高可达 40m/s；

3）传递功率通常 $P\leqslant100\text{kW}$；

4）最大中心距 $a_{max}=8\text{m}$；

5）传动效率开式传动 $\eta=0.90\sim0.93$，闭式传动 $\eta=0.97\sim0.98$。

链传动能在温度较高、湿度较大、油污较重等恶劣环境中工作，因此广泛应用于农业、矿山、冶金、建筑、运输、起重机和石油等机械中。

9.3.1.1.2　链传动的分类

按用途不同，链传动可分为传动链、起重链和曳引链3种。传动链在各种机械传动装置中用于传递运动和动力，通常在中等速度（$v\leqslant20\text{m/s}$）以下工作；起重链主要用在起重机械中提升重物，其工作速度不大于0.25m/s；曳引链在运输机械中用于移动重物，其工作速度不大于2～4m/s。其中传动链在工业生产中应用最广泛。

传动链又按结构分为套筒滚子链、齿形链和成形链等，如图9-31a所示。套筒滚子链相当于多边形套在轮子上，因此具有多边形效应，即运动的不均匀性和动载荷，因此只用于低速传动。

齿形链是由一组带有两个齿的链板左右交错并列铰接而成，如图9-31b。齿形链板的两外侧为直边，其夹角为60°或70°。齿楔角为60°的齿形链传动较易制造，应用较广。工作时链齿外侧边与链轮轮齿相啮合来实现传动。齿形链传动平稳，承受冲击载荷的能力强，允许速度可高达40m/s，且噪声小，故又称无声链，但其结构复杂、重量大、价格高，多用于高速或精度要求高的场合，如汽车、磨床等。

成形链如图9-31c所示，结构简单、拆装方便，常用于 $v<3\text{m/s}$ 的一般传动及农业机械中。

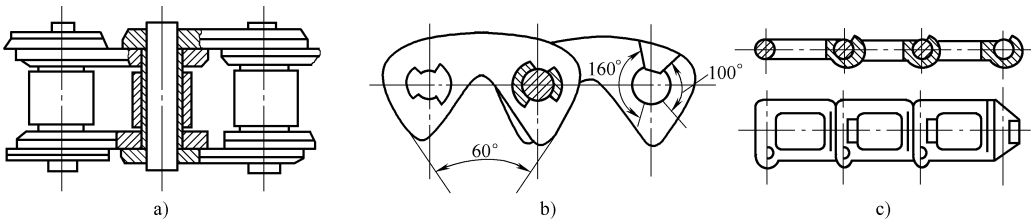


图9-31　传动链的类型

9.3.1.1.3　滚子链的基本参数和表示方法

滚子链已标准化（GB/T 1243—2006），分为A、B两个系列。A系列用于重载高速和重要场合的传动，应用广泛。B系列用于一般传动。每个系列均有不同链号，9.3.2节设计标

准及规范中的表9-87列出了A系列滚子链的主要参数、尺寸和极限拉伸载荷。

1. 滚子链的基本参数

（1）节距 p

相邻两销轴之间的距离为链的节距，节距大小等于链号乘以25.4/16，单位为mm。它是链的基本特性参数，节距的大小，反映了链条和链轮轮齿各部分尺寸的大小，同时也决定了链传动的承载能力，一般来说，节距越大，承载能力就越高，但传动的多边形效应也要增大，于是振动、冲击、噪声也越严重。因此，在保证链传动承载能力的前提下，应尽量选用较小节距的链。其选取原则如下：

1）要使传动结构紧凑，寿命长，应尽量选取较小节距的单排链；

2）链速高、传动的功率大，应选用小节距的多排链；

3）从经济上考虑，中心距小、传动比大的传动，应选用小节距的多排链；

4）低速、重载、中心距大、传动比小的传动，可选大节距链。

（2）链轮齿数 z_1 和 z_2

小链轮推荐齿数如下：$v=0.6\sim3\text{m/s}$ 时 $z_1\geqslant17$；$v=3\sim8\text{m/s}$ 时 $z_1\geqslant21$；$v>8\text{m/s}$ 时 $z_1\geqslant25$；$v=25\text{m/s}$ 时 $z_1\geqslant35$；对于高速承受冲击载荷的链传动，小链轮最少应选25个齿，而且齿面要淬硬。

大链轮齿数 $z_2=iz_1$，并圆整为整数。通常链轮最多齿数限制为 $z_{max}=114$。

链轮齿数 z_1、z_2 满足以上条件的基础上，尽可能选取17，19，21，23，25，38，57，76，95等奇数。

（3）传动比

传动比过大时，由于链在小链轮上的包角过小，将减少啮合齿数，易出现跳齿或加速轮齿的磨损。因此，通常限制链传动的传动比 $i\leqslant6$，推荐的传动比为2～3.5。当 $v<2\text{m/s}$ 且载荷平稳时，传动比可达10。

（4）中心距

链传动的中心距过小，在传动比一定的情况下，将导致链条在小链轮上的包角减少，链条与小链轮啮合节数减小；同时将使链节数减少，在一定转速的情况下，单位时间内同一链节的曲伸次数增大，加速链的磨损。适当加大中心距，链增长，弹性增大，抗振能力提高，因此磨损较慢，链的使用寿命较长。但中心距过大，从动边垂度加大，会造成松边的上下颤动，使传动运行不平稳。因此中心距应按推荐值选取。另外，一般中心距应设计成可调的，调整量为 $2p$，并且使实际中心距比理论中心距小（0.002～0.004）a。

（5）排距 p_t

传动链有单排、双排、多排之分，多排链承载能力基本与排数成正比。

（6）链节数 L_p

整条链所具有的链节总数，通常链节数最好为偶数。

（7）链条长度 L

$L=pL_p/1000$，p 为节距（mm）；L_p 为节数，链条长度 L（m）。

2. 滚子链的表示方法

按GB/T1243—2006规定，滚子链的表示方法如下：

链号—排数—链节数—标准号

例：A 系列节距 12.7mm 单排 88 节滚子链的标记为：滚子链 08A—1×88 GB/T 1243。

9.3.1.2　链传动的失效形式和设计准则

1. 链传动的失效形式

（1）链的疲劳破坏

链在工作时受到变应力作用，经一定循环次数后，链板将会出现疲劳断裂，或者套筒、滚子表面将会出现疲劳点蚀，这是链传动在润滑良好、中等速度以下工作时首先出现的一种失效形式，也是决定链传动传动能力的主要因素，由链板疲劳强度限定的额定功率如图 9-32 中曲线 1 所示。

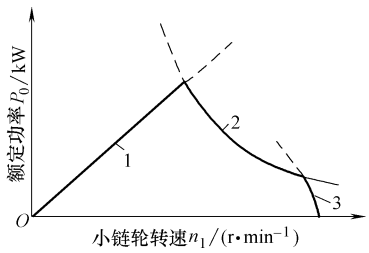


图 9-32　滚子链额定功率曲线示意图

（2）链的冲击破断

链在工作时，由于反复起动、制动、反转，尤其在高速时，由于多边形效应，而使滚子、套筒和销轴产生冲击疲劳破断。由滚子、套筒和销轴的冲击疲劳强度限定的额定功率如图 9-32 中曲线 2 所示。

（3）链条铰链的胶合破坏

当链轮转速达到一定值时，销轴与套筒的工作表面由于链节啮入时受到的冲击能量增大或摩擦产生的温度过高，造成销轴与套筒工作表面润滑油膜破裂而导致胶合破坏。胶合在一定程度上限制了链传动的极限转速。胶合限定的工作能力如图 9-32 中曲线 3 所示。

（4）链条铰链的磨损

当链条在润滑条件恶劣的情况下工作，铰链的销轴和套筒既承受压力又要产生相对转动，必然引起磨损，使节距 p 增大，从而引起跳齿、脱链及其他破坏。当按推荐方式润滑时，磨损大大降低，这种失效得以避免。

（5）链条的静力拉断

在低速（$v<0.6$m/s）重载或瞬间尖峰载荷过大时，链条所受拉力超过了链条的静强度时，链条将被拉断。

2. 设计准则

由上述失效形式可以得到链传动的设计准则：

对链速 $v>0.6$m/s 的中、高速链传动，采用以抗疲劳破坏为主的防止多种失效形式的设计方法；对链速 $v<0.6$m/s 的低速链传动，采用以防止过载拉断为主要失效形式的静强度设计方法。

工程上多用链速 $v>0.6$m/s 的套筒滚子链传动，失效形式主要有链条的疲劳破坏、链条铰链的磨损和胶合、链条的多次冲击破断和链条的过载拉断。由于链传动的承载能力受到多种失效形式的限制，因此不能用类似带传动的方法去推导出单排链传递功率的设计式，而是综合考虑各种失效形式的影响，用试验的方法得到在特定条件下各型号链条所能传递的功率 P，再绘制成实用功率曲线图供设计用。9.3.2 节设计标准及规范中的图 9-37 在标准试验条件下，A 系列常用滚子链的额定功率曲线，由此可查出相应链条在链速 $v>0.6$m/s 情况下允许传递的额定功率。在实际设计中，小链轮齿数、传动比、中心距和链的排数等条件往往与试验时采用的特定条件不同，故应引入相应的修正系数，由修正后的计算功率在图中选择链条型号。

9.3.1.3　链传动的设计

套筒滚子链传动设计时，通常已知的原始数据有：传动的功率 P，小链轮和大链轮的转

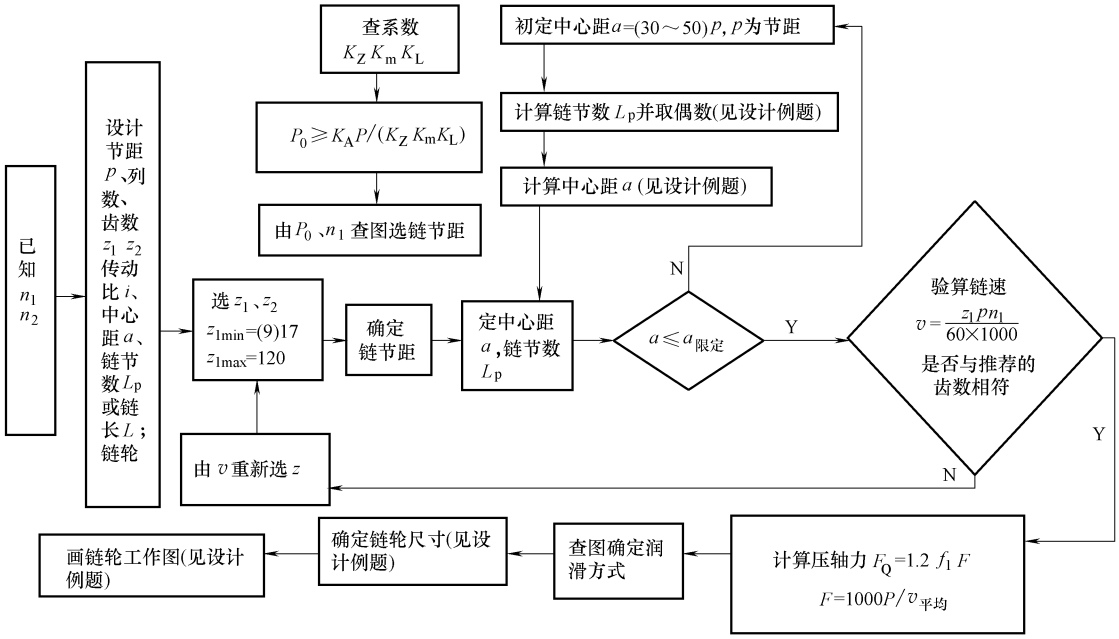


图 9-33　套筒滚子链传动设计框图

速 n_1、n_2（或传动比 i），原动机种类，载荷性质以及传动用途等。设计内容包括：选择链轮齿数 z_1 和 z_2，确定链的节距 p、排数 m、链节数 L_p、中心距 a 及润滑方法等。

链传动设计流程如图 9-33 所示。

9.3.1.4　套筒滚子链传动设计计算实例

题目　设计一载荷不稳定输送机链传动。电动机转速 n_1 =720r/min。从动轮转速 n_2 =250r/min，电动机功率 P =7.5kW，电动机为 Y160L—8，链轮中心距不超过 1100mm，三班制工作。

1. 设计计算步骤

设计项目及依据和计算结果见表 9-104。

表 9-104　设计项目及依据和计算结果

设计项目及依据	设计结果
1. 选择链轮齿数 (1)小链轮齿数 z_1 由表 9-106 按链速确定小链轮齿数 z_1，可先假定链速 v = 3 ~ 8m/s(一般不超过 8m/s)。查表 9-88，小链轮齿数 $z_1 \geqslant 21$，本例取 z_1 = 25，当然也可取其他值。 (2)大链轮齿数 z_2 $z_2 = z_1 \frac{n_1}{n_2} = 25 \times \frac{720}{250} = 72$，考虑链接数通常为偶数(避免过渡链节)，为使链条和链轮磨损均匀，通常链轮齿数取奇数，本例取 z_2 = 73	z_1 = 25 z_2 = 73
2. 确定计算功率 P_d 根据原动机工作特性，查表 9-107，得应用系数 f_1 = 1.4(原动机工作特性见表 9-108，工作机特性见表 9-109)，再由图 9-38 查得小链轮齿数系数 f_2 = 0.75 计算功率 $P_d = f_1 f_2 P$ = 1.4 × 0.75 × 7.5kW = 7.875kW	P_d = 7.875kW
3. 选择链节距 P 根据 P_d = 7.875kW，和 n_1 = 720r/min，查图 9-37 选取链型号，为 12A，其链节距 p = 19.05mm。	p = 19.05mm

（续）

设计项目及依据	设计结果
4. 确定链节数 L_p （1）初定中心距 a_0 取 $a_0=40p$，系数 f_3 由表9-110查得58.361（$z_2-z_1=73-25=48$） （2）计算链节数 $$L_{p0}=\frac{2a_0}{p}+\frac{z_1+z_2}{2}+\frac{f_3p}{a_0}=\frac{2\times40p}{p}+\frac{25+73}{2}+58.361\times\frac{p}{40p}\approx130.46$$ 取 $L_p=132$（偶数）	$L_p=132$
5. 验算链速 $v=\frac{z_1n_1p}{60\times1000}=\frac{720\times25\times19.05}{60\times1000}\text{m/s}=5.715\text{m/s}$	$v=5.715\text{m/s}$
6. 计算最大链轮中心距 $\frac{X-z_s}{z_2-z_1}=\frac{132-25}{73-25}=2.23$，从表9-111用线性插值求得系数 $f_4=0.24567$，代入得： $a=f_4p[2X-(z_2-z_1)]$ $=0.24567\times19.05[2\times132-(73-25)]\text{mm}=1010.88\text{mm}$	$a=1010.88\text{mm}$
7. 计算压轴力 F_Q $F_Q\approx1.2f_1F=1.2\times1.4\times1000P/v=\frac{1.2\times1.4\times1000\times7.5}{5.715}\text{N}=2205\text{N}$	$F_Q=2205\text{N}$
8. 选择润滑方式 对链条12A，用链速 $v=5.715\text{m/s}$，在图9-39查得为第3范围，可选择油池润滑或油盘飞溅润滑。 由表9-112，工作温度为4～38℃，链速 $v=5.715\text{m/s}\leqslant8\text{m/s}$，选润滑油牌号为L-AN100。	油池润滑或油盘飞溅润滑 润滑油牌号为L-AN100
9. 链轮结构 因小链轮直径较小，通常采用实心式结构。链轮孔直径根据本题已知电动机的型号Y160L—8，查参考文献[2]可知电动机伸出轴直径为 $D=42\text{mm}$，伸出轴长为 $E=110\text{mm}$。因此小链轮内孔直径 $D=42\text{mm}$，轮毂宽等其他几何尺寸可参考下面的套筒滚子链链轮的结构设计部分内容或其他设计手册确定。大链轮的孔径一般根据轴的设计来确定，其他几何尺寸可参考其他有关资料确定	
10. 链轮零件工作图绘制 图9-36为小链轮的零件工作图，图面标注所需公差等资料可查阅参考文献[2]。大链轮零件工作图略	

2. 套筒滚子链链轮的结构设计

（1）链轮的齿形

链轮的齿形应能使链条能顺利地进入和退出与轮齿的啮合，使其不易脱链，且应该形状简单，便于加工。链轮的齿形已有国家标准，并用标准刀具以范成法加工。根据国标规定，滚子链链轮端面齿形有两种形式：二圆弧齿形如图9-34a，三圆弧一直线齿形如图9-34b。链轮端面的齿形“三圆弧一直线”的形状是指图9-34b所示：三段圆弧 aa、ab、cd 和一段直线 bc。推荐采用“三圆弧－直线”齿形，也是目前工程中广泛使用的齿形。

（2）链轮的主要尺寸

套筒滚子链链轮的基本参数主要尺寸见表9-113，滚子链轮齿廓剖面尺寸见表9-114，整体式钢制小链轮主要结构尺寸见表9-115，相关公差见表9-116～表9-118。

（3）链轮的结构

根据链轮直径的大小，可制造成如图9-35a所示的整体式、图9-35b所示的孔板式、图9-35c所示的组合式（焊接结构）和图9-35d所示的组合式（螺栓连接式结构）。小直径的链轮大多做成整体式，中等直径链轮多做成孔板式，大直径链轮通常制成组合式，此时齿圈与轮心可用不同材料制造。整体式、孔板式和组合式结构的链轮的形状分别如图9-35e、f、g所示。

（4）链轮的材料

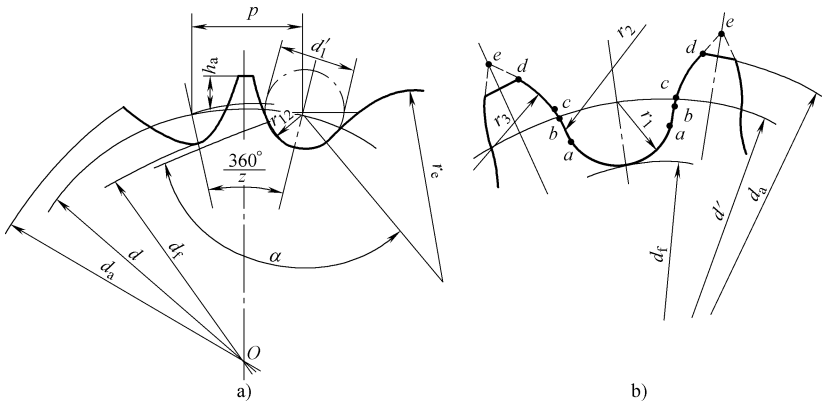
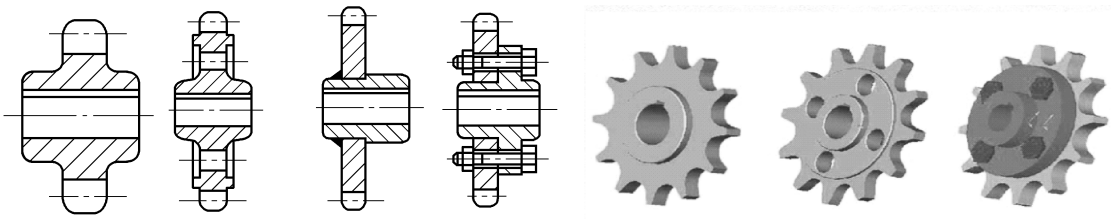


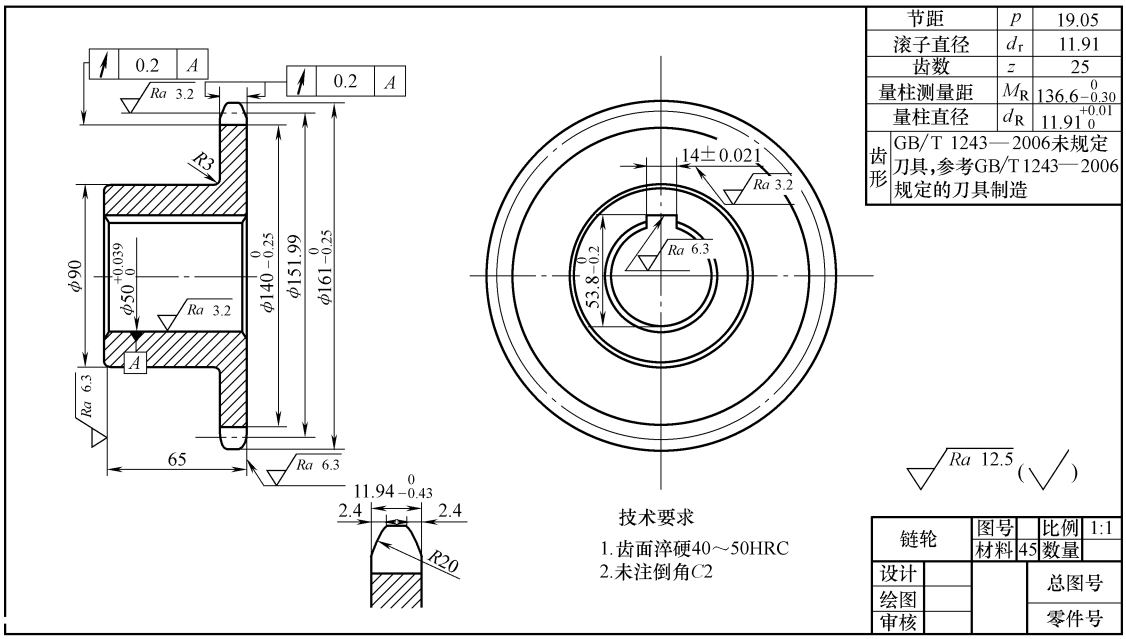
图 9-34　套筒滚子链链轮的齿形



a)　b)　c)　d)　e)　f)　g)

图 9-35　链轮的结构

链轮的材料一般为中碳钢淬火处理；高速重载用低碳钢渗碳淬火处理；低速时也可用铸铁等温淬火处理。小链轮对材料的要求比大链轮高（当大链轮用铸铁时，小链轮用钢）。常用链轮材料的选用可参考表 9-119。



节距	p	19.05
滚子直径	d_r	11.91
齿数	z	25
量柱测量距	M_R	$136.6^{0}_{-0.30}$
量柱直径	d_R	$11.91^{+0.01}_{0}$
齿形	GB/T 1243—2006未规定刀具，参考GB/T 1243—2006规定的刀具制造	

图 9-36　小链轮零件工作图

9.3.2 设计标准及规定

9.3.2.1 A系列滚子链的主要参数、尺寸和极限拉伸载荷（表9-105）

表9-105 链条主要尺寸、测量力、抗拉强度及动载强度（GB/T 1243—2006）

链号①	节距 p nom	滚子直径 d_1 max	内节内宽 b_1 min	销轴直径 d_2 max	套筒孔径 d_3 min	链条通道高度 h_1 min	内链板高度 h_2 max	外或中链板高度 h_3 max	过渡链节尺寸② l_1 min	过渡链节尺寸② l_2 min	过渡链节尺寸② c	排距 p_1	内节外宽 b_2 max	外节内宽 b_3 min	销轴长度 单排 b_4 max	销轴长度 双排 b_5 max	销轴长度 三排 b_6 max	止锁件附加宽度③ b_7 max	测量力 单排	测量力 双排	测量力 三排	抗拉强度 F_u 单排 min	抗拉强度 F_u 双排 min	抗拉强度 F_u 三排 min	动载强度④⑤⑥ 单排 F_d min
	mm																		N			kN			N
04C	6.35	3.30⑦	3.10	2.31	2.34	6.27	6.02	5.21	2.65	3.08	0.10	6.40	4.80	4.85	9.1	15.5	21.8	2.5	50	100	150	3.5	7.0	10.5	630
06C	9.525	5.08⑦	4.68	3.60	3.62	9.30	9.05	7.81	3.97	4.60	0.10	10.13	7.46	7.52	13.2	23.4	33.5	3.3	70	140	210	7.9	15.8	23.7	1410
05B	8.00	5.00	3.00	2.31	2.36	7.37	7.11	7.11	3.71	3.71	0.08	5.64	4.77	4.90	8.6	14.3	19.9	3.1	50	100	150	4.4	7.8	11.1	820
06B	9.525	6.35	5.72	3.28	3.33	8.52	8.26	8.26	4.32	4.32	0.08	10.24	8.53	8.66	13.5	23.8	34.0	3.3	70	140	210	8.9	16.9	24.9	1290
08A	12.70	7.92	7.85	3.98	4.00	12.33	12.07	10.42	5.29	6.10	0.08	14.38	11.17	11.23	17.8	32.3	46.7	3.9	120	250	370	13.9	27.8	41.7	2480
08B	12.70	8.51	7.75	4.45	4.50	12.07	11.81	10.92	5.66	6.12	0.08	13.92	11.30	11.43	17.0	31.0	44.9	3.9	120	250	370	17.8	31.1	44.5	2480
081	12.70	7.75	3.30	3.66	3.71	10.17	9.91	9.91	5.36	5.36	0.08	—	5.80	5.93	10.2	—	—	1.5	125	—	—	8.0	—	—	
083	12.70	7.75	4.88	4.09	4.14	10.56	10.30	10.30	5.36	5.36	0.08	—	7.90	8.03	12.9	—	—	1.5	125	—	—	11.6	—	—	
084	12.70	7.75	4.88	4.09	4.14	11.41	11.15	11.15	5.77	5.77	0.08	—	8.80	8.93	14.8	—	—	1.5	125	—	—	15.6	—	—	
085	12.70	7.77	6.25	3.60	3.62	10.17	9.91	8.51	4.35	5.03	0.08	—	9.06	9.12	14.0	—	—	2.0	80	—	—	6.7	—	—	1340
10A	15.875	10.16	9.40	5.09	5.12	15.35	15.09	13.02	6.61	7.62	0.10	18.11	13.84	13.89	21.8	39.9	57.9	4.1	200	390	590	21.8	43.6	65.4	3850
10B	15.875	10.16	9.65	5.08	5.13	14.99	14.73	13.72	7.11	7.62	0.10	16.59	13.28	13.41	19.6	36.2	52.8	4.1	200	390	590	22.2	44.5	66.7	3330
12A	19.05	11.91	12.57	5.96	5.98	18.34	18.10	15.62	7.90	9.15	0.10	22.78	17.75	17.81	26.9	49.8	72.6	4.6	280	560	840	31.3	62.6	93.9	5490
12B	19.05	12.07	11.68	5.72	5.77	16.39	16.13	16.13	8.33	8.33	0.10	19.46	15.62	15.75	22.7	42.2	61.7	4.6	280	560	840	28.9	57.8	86.7	3720
16A	25.40	15.88	15.75	7.94	7.96	24.39	24.13	20.83	10.55	12.20	0.13	29.29	22.60	22.66	33.5	62.7	91.9	5.4	500	1000	1490	55.6	111.2	166.8	9550
16B	25.40	15.88	17.02	8.28	8.33	21.34	21.08	21.08	11.15	11.15	0.13	31.88	25.45	25.58	36.1	68.0	99.9	5.4	500	1000	1490	60.0	106.0	160.0	9530
20A	31.75	19.05	18.90	9.54	9.56	30.48	30.17	26.04	13.16	15.24	0.15	35.76	27.45	27.51	41.1	77.0	113.0	6.1	780	1560	2340	87.0	174.0	261.0	14600

（续）

链号①	节距 p nom	滚子直径 d_1 max	内节内宽 b_1 min	销轴直径 d_2 max	套筒孔径 d_3 min	链条通道高度 h_1 min	内链板高度 h_2 max	外或中链板高度 h_3 max	过渡链节尺寸② l_1 min	l_2 min	c	排距 p_1	内节外宽 b_2 max	外节内宽 b_3 min	销轴长度 单排 b_4 max	双排 b_5 max	三排 b_6 max	止锁件附加宽度③ b_7 max	测量力 单排	双排	三排	抗拉强度 F_u 单排 min	双排 min	三排 min	动载强度④⑤⑥ 单排 F_d min
	mm																		N			kN			N
20B	31.75	19.05	19.56	10.19	10.24	26.68	26.42	26.42	13.89	13.89	0.15	36.45	29.01	29.14	43.2	79.7	116.1	6.1	780	1560	2340	95.0	170.0	250.0	13500
24A	38.10	22.23	25.22	11.11	11.14	36.55	36.2	31.24	15.80	18.27	0.18	45.44	35.45	35.51	50.8	96.3	141.7	6.6	1110	2220	3340	125.0	250.0	375.0	20500
24B	38.10	25.40	25.40	14.63	14.68	33.73	33.4	33.40	17.55	17.55	0.18	48.36	37.92	38.05	53.4	101.8	150.2	6.6	1110	2220	3340	160.0	280.0	425.0	19700
28A	44.45	25.40	25.22	12.71	12.74	42.67	42.23	36.45	18.42	21.32	0.20	48.87	37.18	37.24	54.9	103.6	152.4	7.4	1510	3020	4540	170.0	340.0	510.0	27300
28B	44.45	27.94	30.99	15.90	15.95	37.46	37.08	37.08	19.51	19.51	0.20	59.56	46.58	46.71	65.1	124.7	184.3	7.4	1510	3020	4540	200.0	360.0	530.0	27100
32A	50.80	28.58	31.55	14.29	14.31	48.74	48.26	41.68	21.04	24.33	0.20	58.55	45.21	45.26	65.5	124.2	182.9	7.9	2000	4000	6010	223.0	446.0	669.0	34800
32B	50.80	29.21	30.99	17.81	17.86	42.72	42.29	42.29	22.20	22.20	0.20	58.55	45.57	45.70	67.4	126.0	184.5	7.9	2000	4000	6010	250.0	450.0	670.0	29900
36A	57.15	35.71	35.48	17.46	17.49	54.86	54.30	46.86	23.65	27.36	0.20	65.84	50.85	50.90	73.9	140.0	206.0	9.1	2670	5340	8010	281.0	562.0	843.0	44500
40A	63.50	39.68	37.85	19.85	19.87	60.93	60.33	52.07	26.24	30.36	0.20	71.55	54.88	54.94	80.3	151.9	223.5	10.2	3110	6230	9340	347.0	694.0	1041.0	53600
40B	63.50	39.37	38.10	22.89	22.94	53.49	52.96	52.96	27.76	27.76	0.20	72.29	55.75	55.88	82.6	154.9	227.2	10.2	3110	6230	9340	355.0	630.0	950.0	41800
48A	76.20	47.63	47.35	23.81	23.84	73.13	72.39	62.49	31.45	36.40	0.20	87.83	67.81	67.87	95.5	183.4	271.3	10.5	4450	8900	13340	500.0	1000.0	1500.0	73100
48B	76.20	48.26	45.72	29.24	29.29	64.52	63.88	63.88	33.45	33.45	0.20	91.21	70.56	70.69	99.1	190.4	281.6	10.5	4450	8900	13340	560.0	1000.0	1500.0	63600
56B	88.90	53.98	53.34	34.32	34.37	78.64	77.85	77.85	40.61	40.61	0.20	106.60	81.33	81.46	114.6	221.2	327.8	11.7	6090	12190	20000	850.0	1600.0	2240.0	88900
64B	101.60	63.50	60.96	39.40	39.45	91.08	90.17	90.17	47.07	47.07	0.20	119.89	92.02	92.15	130.9	250.8	370.7	13.0	7960	15920	27000	1120.0	2000.0	3000.0	106900
72B	114.30	72.39	68.58	44.48	44.53	104.67	103.63	103.63	53.37	53.37	0.20	136.27	103.81	103.94	147.4	283.7	420.0	14.3	10100	20190	33500	1400.0	2500.0	3750.0	132700

① 重载系列链条详见 GB/T 1243—2006 中表 2。

② 对于高应力使用场合，不推荐使用过渡链节。

③ 止锁件的实际尺寸取决于其类型，但都不应超过规定尺寸，使用者应从制造商处获取详细资料。

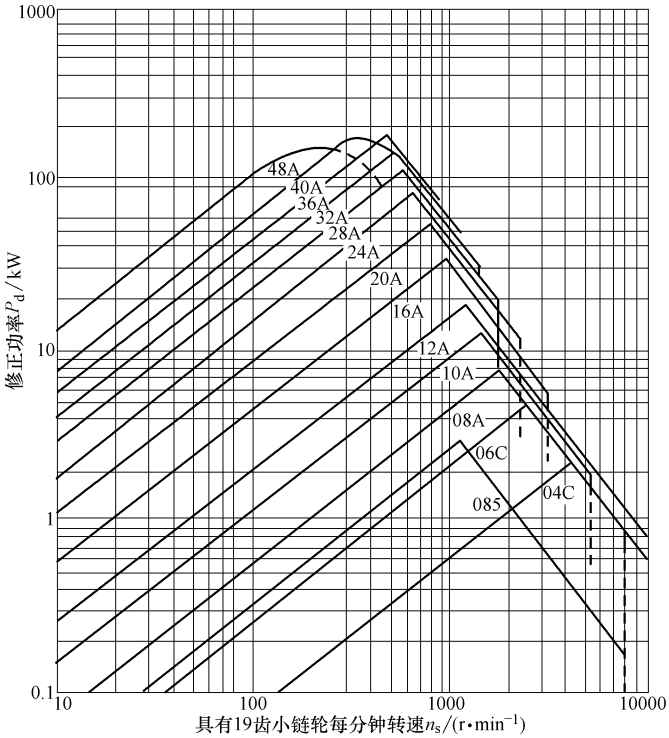
④ 动载强度值不适用于过渡链节、连接链节或带有附件的链条。

⑤ 双排链和三排链的动载试验不能用单排链的值按比例套用。

⑥ 动载强度值是基于 5 个链节的试样，不含 36A、40A、40B、48A、48B、56B、64B 和 72B，这些链条是基于 3 个链节的试样。链条最小动载强度的计算方法见 GB/T 1243—2006 附录 C。

⑦ 套筒直径。

9.3.2.2　A 系列单排链链条的典型承载能力图（图 9-37）



注1. 双排链的额定功率可由单排链的 P_d 值乘以 1.7 得到。

2. 三排链的额定功率可由单排链的 P_d 值乘以 2.5 得到。

图 9-37　A 系列单排链链条的典型承载能力图（摘自 GB/T 18150—2006）

9.3.2.3　套筒滚子链主要设计参数及系数（表 9-106 ~ 表 9-111）

表 9-106　小链轮推荐齿数

链速 v/(m·s^{-1})	0.6 ~ 3	3 ~ 8	>8	>25
小链轮齿数 z_1	≥17	≥21	≥25	≥35

表 9-107　应用系数 f_1

从动机械特性（见表 9-91）	主动机械特性（见表 9-108）		
	平稳运转	轻微振动	中等振动
平稳运转	1.0	1.1	1.3
中等振动	1.4	1.5	1.7
严重振动	1.8	1.9	2.1

表 9-108　原动机特性示例

主动机械特性	主动机械类型示例
平稳运转	电动机、汽轮机和燃气轮机、带液力变矩器的内燃机
轻微振动	带机械联轴器的六缸或六缸以上内燃机 频繁起动的电动机（每天多于两次）
中等振动	带机械联轴器的六缸以下内燃机

表 9-109　工作机特性示例

从动机械特性	从动机械类型示例
平稳运转	离心式的泵和压缩机、印刷机、平稳载荷的皮带输送机 纸张压光机、自动扶梯、液体搅拌机和混料机 旋转干燥机、风机
中等振动	三缸或三缸以上往复式泵和压缩机、混凝土搅拌机 载荷不均匀的输送机、固体搅拌机和混合机
严重振动	电铲、轧机和球磨机、橡胶加工机械、刨床、压床和剪床 单缸或双缸泵和压缩机、石油钻采设备

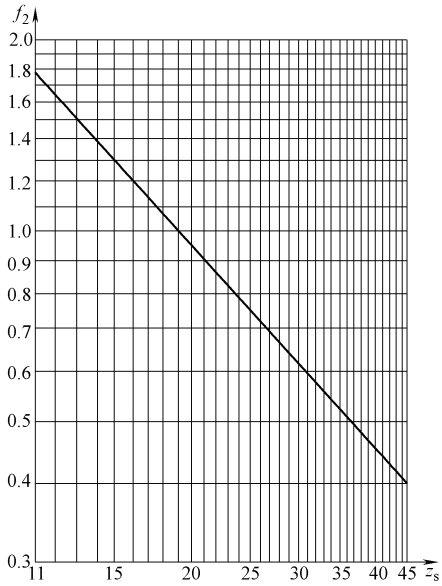


图 9-38　小链轮齿数系数 f_2

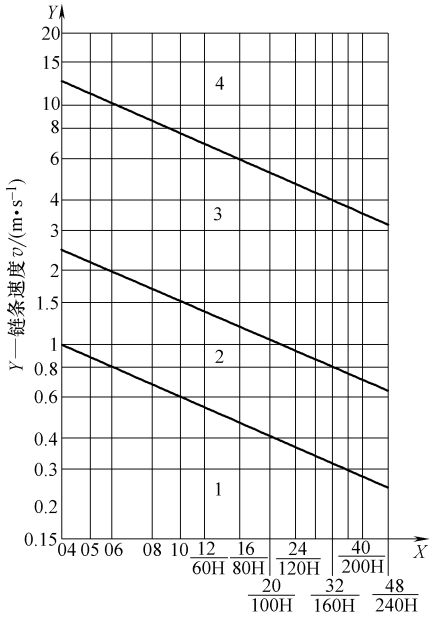
表 9-110　系数 f_3 的计算值

$\lvert z_2-z_1\rvert$	f_3	$\lvert z_2-z_1\rvert$	f_3	$\lvert z_2-z_1\rvert$	f_3	$\lvert z_2-z_1\rvert$	f_3	$\lvert z_2-z_1\rvert$	f_3
1	0.0253	21	11.171	41	42.580	61	94.254	81	166.191
2	0.1013	22	12.260	42	44.683	62	97.370	82	170.320
3	0.2280	23	13.400	43	46.836	63	100.536	83	174.500
4	0.4053	24	14.590	44	49.040	64	103.753	84	178.730
5	0.6333	25	15.831	45	51.294	65	107.021	85	183.011
6	0.912	26	17.123	46	53.599	66	110.339	86	187.342
7	1.241	27	18.466	47	55.955	67	113.708	87	191.724
8	1.621	28	19.859	48	58.361	68	117.128	88	196.157
9	2.052	29	21.303	49	60.818	69	120.598	89	200.640
10	2.533	30	22.797	50	63.326	70	124.119	90	205.174
11	3.065	31	24.342	51	65.884	71	127.690	91	209.759
12	3.648	32	25.938	52	68.493	72	131.313	92	214.395
13	4.281	33	27.585	53	71.153	73	134.986	93	219.081
14	4.965	34	29.282	54	73.863	74	138.709	94	223.187
15	5.699	35	31.030	55	76.624	75	142.483	95	228.605
16	6.485	36	32.828	56	79.436	76	146.308	96	233.443
17	7.320	37	34.677	57	82.298	77	150.184	97	238.333
18	8.207	38	36.577	58	85.211	78	154.110	98	243.271
19	9.144	39	38.527	59	88.175	79	158.087	99	248.261
20	10.132	40	40.529	60	91.189	80	162.115	100	253.302

表 9-111　系数 f_4 的计算值

$\left\lvert\frac{X-z_s}{z_2-z_1}\right\rvert$	f_4	$\left\lvert\frac{X-z_s}{z_2-z_1}\right\rvert$	f_4	$\left\lvert\frac{X-z_s}{z_2-z_1}\right\rvert$	f_4	$\left\lvert\frac{X-z_s}{z_2-z_1}\right\rvert$	f_4
13	0. 24991	2. 7	0. 24735	1. 54	0. 23758	1. 26	0. 22520
12	0. 24990	2. 6	0. 24708	1. 52	0. 23705	1. 25	0. 22443
11	0. 24988	2. 5	0. 24678	1. 50	0. 23648	1. 24	0. 22361
10	0. 24986	2. 4	0. 24643	1. 48	0. 23588	1. 23	0. 22275
9	0. 24983	2. 3	0. 24602	1. 46	0. 23524	1. 22	0. 22185
8	0. 24978	2. 2	0. 24552	1. 44	0. 23455	1. 21	0. 22090
7	0. 24970	2. 1	0. 24493	1. 42	0. 23381	1. 20	0. 21990
6	0. 24958	2. 0	0. 24421	1. 40	0. 23301	1. 19	0. 21884
5	0. 24937	1. 95	0. 24380	1. 39	0. 23259	1. 18	0. 21771
4. 8	0. 24931	1. 90	0. 24333	1. 38	0. 23215	1. 17	0. 21652
4. 6	0. 24925	1. 85	0. 24281	1. 37	0. 23170	1. 16	0. 21526
4. 4	0. 24917	1. 80	0. 24222	1. 36	0. 23123	1. 15	0. 21390
4. 2	0. 24907	1. 75	0. 24156	1. 35	0. 23073	1. 14	0. 21245
4. 0	0. 24896	1. 70	0. 24081	1. 34	0. 23022	1. 13	0. 21090
3. 8	0. 24883	1. 68	0. 24048	1. 33	0. 22968	1. 12	0. 20923
3. 6	0. 24868	1. 66	0. 24013	1. 32	0. 22912	1. 11	0. 20744
3. 4	0. 24849	1. 64	0. 23977	1. 31	0. 22854	1. 10	0. 20549
3. 2	0. 24825	1. 62	0. 23938	1. 30	0. 22793	1. 09	0. 20336
3. 0	0. 24795	1. 60	0. 23897	1. 29	0. 22729	1. 08	0. 20104
2. 9	0. 24778	1. 58	0. 23854	1. 28	0. 22662	1. 07	0. 19848
2. 8	0. 24758	1. 56	0. 23807	1. 27	0. 22593	1. 06	0. 19564

9. 3. 2. 4　滚子链润滑设计数据（图 9-39，表 9-112）



1. 用油刷或油壶由人工定期润滑。
2. 滴油润滑。
3. 油池或油盘飞溅润滑。
4. 为强制润滑，带过滤器，必要时可带油冷却器

图 9-39　链传动润滑方式选用图

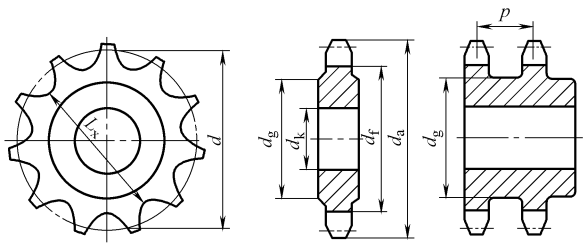
表 9-112　一般链传动润滑油牌号推荐表

工作条件	链速 $v/(\mathrm{m\cdot s^{-1}})$	工作温度/℃	荐用润滑油牌号	工作条件	链速 $v/(\mathrm{m\cdot s^{-1}})$	工作温度/℃	荐用润滑油牌号
小功率传动,链密封性较差	≤3	≤4 4～38 >38	32 68 100	链条密封性好	>8	≤4 4～38 >38	46 46、68 68、100
链条密封性好	≤8	≤4 4～38 >38	46 68、100 100、150	链条密封在壳体内	>16	≤4 4～38 >38	46 68 68、100

注：32～150 为全损耗系统用油。

9.3.2.5　滚子链链轮的主要设计数据（表 9-113～表 9-119）

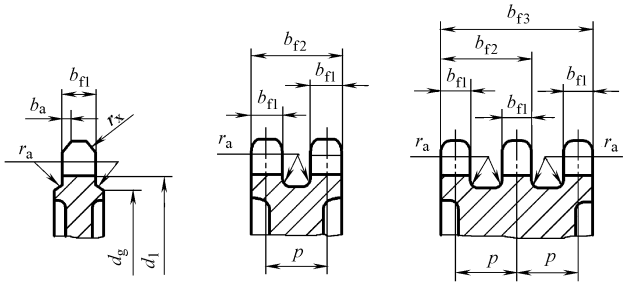
表 9-113　滚子链链轮的基本参数和主要尺寸（摘自 GB/T 1243—2006）　　（mm）



名称		符号	计算公式	备注
主要尺寸	分度圆直径	d	$d=\dfrac{p}{\sin\dfrac{180°}{z}}$	
	齿顶圆直径	d_a	$d_{amax}=d+1.25p-d_1$ $d_{amin}=d+\left(1+\dfrac{1.6}{z}\right)p-d_1$	可在 d_{amax} 与 d_{amin} 范围内选取,但当选用 d_{amax} 时,应注意用展成法加工时有可能发生顶切
	齿根圆直径	d_f	$d_f=d-d_1$	
	轴凸缘直径	d_g	$d_g<p\cot\dfrac{180°}{z}-1.04h_2-0.76$	h_2——内链板高度见表 9-87

注：d_a、d_g 计算值舍小数取整数，其他尺寸精确到 0.01mm。

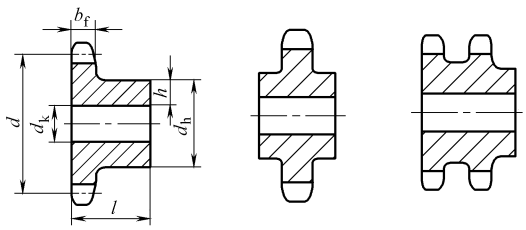
表 9-114　滚子链轮齿廓剖面尺寸（摘自 GB/T 1243—2006）　　（mm）



（续）

名称		符号	计算公式		备注
			$p \leqslant 12.7$	$p > 12.7$	
齿宽	单排、双排、三排	b_{fl}	$0.93b_1$:h14 $0.91b_1$:h14	$0.95b_1$:h14 $0.93b_1$:h14	$p > 12.7$ 时，经制造厂同意，亦可使用 $p \leqslant 12.7$ 时的齿宽。 b_1——内链节内宽 四排以上给出的公式由用户和制造商协议后使用
	四排以上		$0.88b_1$:h14		
齿侧倒角		b_a	$b_{a公称} = 0.06p$		适用于081、083、084、085规格链条
			$b_{a公称} = 0.13p$		适用于其余A或B系列链条
齿侧半径		r_x	$r_{x公称} = p$		
齿全宽		b_{tm}	$b_{tm} = (m-1)p_1 + b_{fl}$		

表9-115 整体式钢制小链轮主要结构尺寸 （mm）



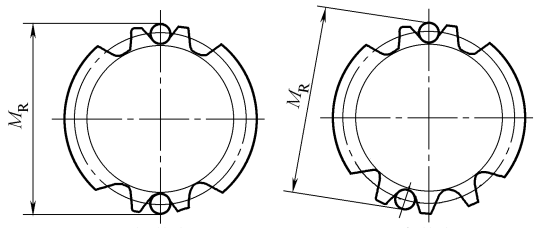
名称	符号	结构尺寸(参考)
轮毂厚度	h	$h = K + \frac{d_K}{6} + 0.01d$ 常数 K： d：<50；50～100；100～150；>150 K：3.2；4.8；6.4；9.5
轮毂长度	l	$l = 3.3h$ $l_{min} = 2.6h$
轮毂直径	d_h	$d_h = d_K + 2h$ $d_{hmax} < d_g$，d_g 见表9-113
齿宽	b_f	见表9-114滚子链轮齿廓剖面尺寸

表9-116 滚子链链轮齿根圆与量柱测量距公差（摘自GB/T 1243—2006） （mm）

齿根圆直径 d_f	极限偏差	齿根圆直径 d_f	极限偏差
$d_f \leqslant 127$	0 −0.25	$d_f > 250$	h11①
$127 < d_f \leqslant 250$	0 −0.30		

① 见GB/T 1800.1—2009、GB/T 1800.2—2009

表9-117 滚子链链轮的量柱测量距 M_R（摘自GB/T 1243—2006） （mm）



偶数齿　　奇数齿

（续）

项　　目		符号	计 算 公 式
量柱测量距	偶数齿	M_R	$M_R = d + d_{Rmin}$
	奇数齿		$M_R = d\cos\frac{90°}{z} + d_{Rmin}$

注：量柱直径 d_R = 滚子外径 d_1。量柱的技术要求为：极限偏差 $^{+0.01}_{0}$。

表 9-118　链轮径向与端面圆跳动（摘自 GB/T 1243—2006）　　（mm）

项　　目	项目定义	偏差范围
径向圆跳动	链轮孔和根圆直径之间的径向跳动量	应小于 $0.0008d_f + 0.08$mm 或 0.15mm，最大不超过 0.76mm
端面圆跳动	轴孔到链轮齿侧平直部分的端面跳动量	应小于 $0.0009d_f + 0.08$mm，最大不超过 1.14mm

表 9-119　常用链轮材料及应用

材　　料	齿面硬度	应 用 范 围
15，20	渗碳淬火 50～60HRC	$z \leqslant 25$ 的高速、重载、有冲击载荷的链轮
35	正火 160～200HBW	$z > 25$ 的低速、轻载、平稳传动的链轮
45，50，ZG45	淬火 40～45HRC	低、中速，轻、中载，无激烈冲击、振动和易磨损工作条件下的链轮
15Cr，20Cr	渗碳淬火 50～60HRC	$z < 25$ 的大功率传动链轮，高速、重载的重要链轮
35SiMn，35CrMo，40Cr	淬火 40～45HRC	高速、重载、有冲击、连续工作的链轮
Q235、Q275	140HBW	中速、传递中等功率的链轮，较大链轮
灰铸铁（不低于 HT200）	260～280HBW	载荷平稳、速度较低、齿数较多（$z > 50$）的从动链轮
灰布胶木	—	传递功率小于 6kW，速度较高、要求传动平稳、噪声小的链轮

9.4　齿轮传动

齿轮传动是一种典型的啮合传动，是机械传动的主要形式之一，广泛应用于各类机器中。齿轮传动的主要特点是：

1）效率高，在常用的机械传动中，齿轮的传动效率最高，可达 99% 以上。

2）工作可靠，因为是啮合传动，因此工作可靠，可用于航天及井下工作的机器。

3）寿命长，一般可达 8～10 年以上。

4）传动比稳定，传动平稳。

5）适用的圆周速度和功率范围广，例如超精度齿轮速度可达 200m/s；功率可达 5×10^4kW 以上。

6）可以实现平行轴、同一平面的相交轴和空间交错轴之间的传动。

7）但是齿轮传动要求较高的制造和安装精度，成本较高。不适于远距离两轴间的传动。

9.4.1　基本设计计算方法

9.4.1.1　圆柱齿轮传动

9.4.1.1.1　失效形式及设计准则

1. 失效形式

（1）轮齿折断

轮齿啮合时齿根受弯曲应力而使轮齿折断。轮齿折断又分为过载折断和疲劳折断，过载折断是由于轮齿因短时严重过载而引起的突然折断，一般发生于脆性材料。多数齿轮发生疲劳折断，轮齿可看作悬臂梁，在载荷的多次重复作用下，弯曲应力超过弯曲疲劳极限时，齿根部分将产生疲劳裂纹，然后逐渐扩展，最终将引起轮齿折断，称为疲劳折断。

（2）齿面失效

1）齿面疲劳点蚀。齿面在脉动循环的接触应力作用下，齿面材料由于疲劳而产生的剥蚀损伤现象称为齿面疲劳点蚀，又称疲劳磨损。齿面上最初出现的点蚀仅为针尖大小的麻点，后逐渐扩散，甚至数点连成一片，最后形成了明显的齿面损伤，使轮齿丧失原有的渐开线曲面形状，产生冲击和噪声，精度下降。齿面点蚀是闭式软齿传动的主要失效形式。

2）齿面磨损。分为两齿轮表面直接摩擦磨损和磨粒磨损，磨粒磨损是指当啮合齿面间落入磨料性物质时，轮齿工作表面被逐渐磨损。磨损的结果使齿轮失去原有的渐开线曲面形状，同时轮齿变薄而导致传动失效。

3）齿面胶合。在高速重载传动中，常因啮合区温度升高而引起润滑失效，致使两齿面金属直接接触并发生瞬时焊接现象，当两齿面相对运动时，较软的齿面沿滑动方向被撕下而形成沟纹，这种现象称为齿面胶合。在低速重载传动中，由于齿面间的润滑油膜不易形成也可能产生胶合破坏。

4）齿面塑性变形。在速度很低、载荷很重的条件下，由于摩擦力过大，使较软的齿面上可能沿摩擦力方向产生局部的塑性变形，使齿轮失去正确的齿廓，而使瞬时传动比发生变化，造成附加的动载荷。这种损坏常出现在过载严重和起动频繁的传动中。

2. 设计准则

设计一般工作条件使用的齿轮传动时，通常只按保证齿根弯曲疲劳强度及保证齿面接触疲劳强度两个准则进行计算。对于高速、大功率的齿轮传动，还要按保证齿面抗胶合能力的准则进行计算。至于抵抗其他失效的能力一般不进行计算，但应采取相应的措施，以增强齿轮抵抗这些失效的能力。主要设计准则如下：

（1）闭式齿轮传动的设计准则

1）闭式软齿面（≤350HBW）的齿轮传动，因其主要失效形式为齿面疲劳点蚀，故按齿面接触疲劳强度设计，还有断齿的可能性，因此校核齿根弯曲疲劳强度校核。

2）闭式硬齿面（>350HBW）的齿轮传动，齿面硬度很大不易发生齿面疲劳点蚀，其主要失效形式为轮齿疲劳折断，故按弯曲疲劳强度设计以防止断齿，但还有齿面疲劳点蚀的可能性，因此校核齿面疲劳接触强度。

3）大功率闭式齿轮传动的设计准则。当输入功率超过75kW时，由于发热量大、易导致润滑不良及轮齿胶合损伤等，还需作热平衡计算。

（2）开式或半开式齿轮传动

对于开式（半开式）齿轮传动，由于润滑不良齿面磨损较快，齿面疲劳点蚀还来不及出现或扩展即被磨掉，所以看不到点蚀出现。针对主要失效形式是磨损和轮齿折断，应根据保证齿面抗磨损及齿根抗折断能力分别进行计算，但鉴于目前对齿面抗磨损的能力尚无完善的计算方法，因此，仅以保证齿根弯曲疲劳强度作为设计准则。为了延长开式（半开式）齿轮传动的寿命，应适当降低开式传动的许用弯曲应力（如将闭式传动的许用弯曲应力乘以0.7~0.8），以使计算的模数值适当增大；或将计算出的模数增大10%~15%，以考虑磨

损对齿厚的影响。

9.4.1.1.2　圆柱齿轮传动的受力分析

1. 直齿圆柱齿轮传动的受力分析

如图 9-40 所示，当齿轮的齿廓在节点 P 接触时，受力可将沿啮合线作用在齿面上的法向力 F_n 分解为两个相互垂直的分力：切于分度圆的圆周力 F_t 与指向轮心的径向力 F_r。

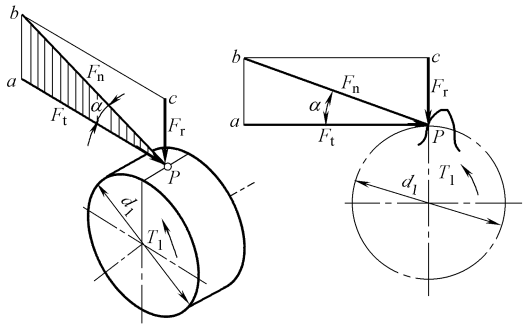


图 9-40　直齿圆柱齿轮传动的受力分析

（1）计算公式

圆周力　$F_t = 2T_1/d_1$

径向力　$F_r = F_t \tan\alpha$

法向力　$F_n = F_t/\cos\alpha$

式中　T_1——小齿轮所受的转矩（N · mm），$T_1 = 9.55 \times 10^6 \dfrac{P}{n_1}$；

P——传递的功率（kW）；

n_1——小齿轮的转速（r/min）；

d_1——小齿轮的分度直径（mm）；

α——分度圆的压力角，对标准齿轮 $\alpha = 20°$。

（2）力的方向

圆周力 F_t 的方向在主动轮上与运动方向相反，在从动轮上与运动方向相同，且互为作用与反作用力，即 $F_{t1} = -F_{t2}$。

径向力 F_r 的方向分别指向各自的轮心，且互为作用与反作用力，即 $F_{r1} = -F_{r2}$。

2. 斜齿圆柱齿轮传动的受力分析

图 9-41 为斜齿轮齿廓在节点 P 接触的受力情况，在忽略摩擦力时法向力 F_n 可分解为圆周力 F_t、径向力 F_r 和轴向力 F_a 三个分力。

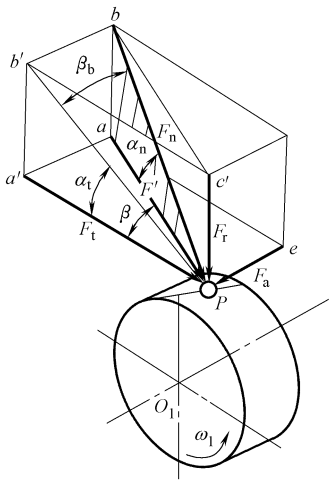


图 9-41　斜齿圆柱齿轮传动的受力分析

（1）计算公式

圆周力 $F_t = 2T_1/d_1$

径向力 $F_r = F_t \tan\alpha_n/\cos\beta$

轴向力 $F_a = F_t \tan\beta$

法向力　$F_n = F_t/(\cos\alpha_n \cos\beta)$

式中　β——分度圆柱上的螺旋角；

α_n——分度圆柱上的法面压力角，对标准齿轮 $\alpha_n = 20°$。

（2）力的方向

圆周力 F_t 的方向在主动轮上与运动方向相反，在从动轮上与运动方向相同，且互为作用力与反作用力，即 $F_{t1} = -F_{t2}$。

径向力 F_r 的方向对两轮都是指向各自的轮心，且互为作用力与反作用力，即 $F_{r1} = -F_{r2}$。

轴向力 F_a 的方向需根据螺旋线方向和轮齿工作面而定；也可用主动轮右（左）手螺旋法则判断：当主动轮的螺旋线方向为右（左）旋时也可用右（左）手螺旋定则判断，即伸出右（左）手，四指代表主动轮的转动方向，则拇指的指向代表该轮的轴向力的方向，从动轮的轴向力方向与主动轮的轴向力方向相反，互为作用力与反作用力，即 $F_{a1} = -F_{a2}$

9.4.1.1.3　直齿圆柱齿轮传动的强度计算

1. 计算载荷

按名义功率或转矩计算得到的法向载荷 F_n 称为名义载荷，由于原动机性能及齿轮制造与安装误差、齿轮及支承件变形等因素的影响，实际传动中作用于齿轮上的载荷要比名义载荷大，因此，计算齿轮强度时，通常用计算载荷 P_c 代替名义载荷 P，以考虑影响载荷的各种因素。计算齿轮强度用的载荷系数 K 包括使用系数 K_A、动载系数 K_v、齿间载荷分配系数 K_α 和齿向载荷分布系数 K_β，即：$K = K_A K_v K_\alpha K_\beta$。

$$P_c = KP$$

（1）使用系数 K_A

考虑原动机和工作机的运转特性、联轴器的缓冲性能等外部因素引起的动载荷而引入的修正系数，可按表9-124选取。

（2）动载系数 K_v

考虑齿轮副在啮合过程中因啮合误差，包括基节误差、齿形误差及轮齿变形等，以及运转速度而引起的内部附加动载荷的影响系数。另外，齿轮在啮合过程中单对齿啮合、双对齿啮合的交替进行，造成轮齿啮合刚度的变化，也要引起动载荷。动载系数 K_v 值可根据圆周速度及齿轮的制造精度，按图9-50查取。

（3）齿间载荷分配系数 K_α

齿轮的重合度总是大于1，即在一对轮齿的一次啮合过程中，部分时间内为两对轮齿啮合，所以理想状态下应该由各啮合齿对均等承载。但齿轮传动实际情况并非如此，受制造精度、轮齿刚度、齿轮啮合刚度等多方面因素的影响。齿间载荷分配系数 K_α 是用于考虑制造误差和轮齿弹性变形等原因使两对同时啮合的轮齿上载荷分配不均的影响系数。对一般不需作精确计算的直齿轮传动，可假设为单齿对啮合，故取 $K_\alpha = 1$；对斜齿圆柱齿轮传动，可取 $K_\alpha = 1 \sim 1.4$，精度低、齿面硬度高时取大值，反之取小值。

（4）齿向载荷分布系数 K_β

由制造误差引起的齿向误差、齿轮及轴的弯曲和扭转变形、轴承和支座的变形及装配误差等，而导致轮齿接触线上各接触点间载荷分布不均匀。为此引入齿向载荷分布系数 K_β，用于考虑实际载荷沿轮齿接触线分布不均的影响。其值的大小主要受齿轮相对轴承配置形式、齿宽系数（b/d_1）及齿面硬度的影响，可按图9-51查取。

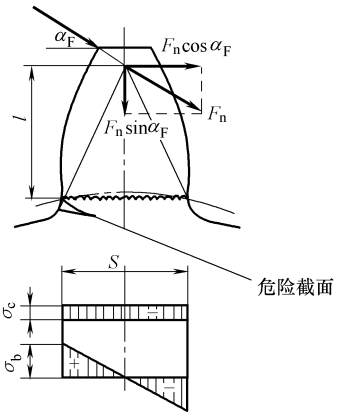


图9-42　齿根弯曲应力

2. 标准直齿圆柱齿轮齿根弯曲疲劳强度计算

（1）强度公式

将轮齿看成如图 9-42 所示的悬臂梁，作用到齿顶的法向力 F_n 可分解为相互垂直的两个力：$F_n\cos\alpha_F$ 和 $F_n\sin\alpha_F$，$F_n\cos\alpha_F$ 移到齿根危险截面是一个剪切力和弯矩，使齿根危险截面受剪和受弯，产生切应力和弯曲应力 σ_b；$F_n\sin\alpha_F$使齿根危险截面受压而产生压应力 σ_c。切应力和压应力之和不足弯曲应力 σ_b 的 5%，因此忽略不计（在应力修正系数中考虑），经推导齿根弯曲疲劳强度的校核式为：

$$\sigma_F=\frac{2KT_1}{bd_1m}Y_{Fa}\cdot Y_{Sa}\cdot Y_\varepsilon\leqslant[\sigma_F]$$

齿根弯曲疲劳强度的设计式：

$$m\geqslant\sqrt[3]{\frac{2KT_1Y_{Fa}Y_{Sa}Y_\varepsilon}{\psi_d z_1^2[\sigma_F]}}$$

式中　b——齿宽（mm）；

m——齿轮的模数（mm）；

Y_{Fa}——齿形系数；

Y_{Sa}——应力修正系数；

Y_ε——重合度系数；

T_1——小齿轮的转矩（N·mm）；

ψ_d——齿宽系数；

z_1——小齿轮的齿数；

$[\sigma_F]$——许用弯曲应力（MPa）。

（2）公式应用分析

1）设计齿轮模数 m 时，一对齿轮相啮合，大小齿轮的$\frac{Y_{Fa}Y_{Sa}}{[\sigma_F]}$不同，取$\frac{Y_{Fa}Y_{Sa}}{[\sigma_F]}$大者代入更安全；计算出的模数 m 必须圆整到标准值，传递动力时 $m\geqslant1.5\sim2$mm

2）齿形系数 Y_{Fa}是量纲一的数，$Y_{Fa}=\dfrac{6\left(\dfrac{l}{m}\right)\cos\alpha_F}{\left(\dfrac{S}{m}\right)^2\cos\alpha}$，表示轮齿的几何形状对抗弯能力的影响系数，只取决于齿形（齿数 z 及变位系数 x 影响齿形），与模数 m 无关。Y_{Fa}越小，抗弯强度越高。随着齿数的增加，Y_{Fa}减小，见图 9-52。

3）应力修正系数 Y_{Sa}：应力修正系数 Y_{Sa}综合考虑齿根圆角处应力集中和除弯曲应力以外其余应力对齿根应力的影响，与齿数 z、变位系数 x 有关，见图 9-53 查取。

4）重合度系数 Y_ε：$Y_\varepsilon=0.25+\dfrac{0.75}{\varepsilon_\alpha}$，$\varepsilon_\alpha$ 为端面重合度。

5）齿宽系数 ψ_d：$\psi_d=b/d_1$，通常轮齿越宽，承载能力也越高，因而轮齿不宜过窄；但增大齿宽又会使齿面上的载荷分布更趋不均匀，故应适当选取齿宽系数。其推荐值可按表 9-125 选取，它取决于齿面硬度和齿轮相对于轴承的位置。

6）模数 m：计算出的模数应圆整为标准值，如表 9-126 所示。对于传递动力的齿轮，其模数不应低于 1.5mm。因为齿厚 $S=\pi m/2$，模数增加，齿厚增加，整个轮齿各处厚度增加，抗弯截面模量增加，工作应力减小，弯曲强度增高；反之，模数减小，弯曲强度低。所以说模数是决定弯曲强度的主要因素。

考虑磨损的影响，开式传动时将计算出的模数 m 放大 10% ~15%。

7）小齿轮齿数 z_1 的选择：对于闭式软齿面齿轮尽量选用小模数、多齿数，通常选 $z_1=20\sim40$；开式、硬齿面的齿轮为了防止意外断齿，可选大一些的模数，齿数只要不根切即可，$z_1\geqslant17$。

8）许用弯曲应力[σ_F]：[σ_F]$=\dfrac{\sigma_{Flim}}{S_{Fmin}}Y_NY_X$

式中 Y_N——寿命系数，齿轮为有限寿命时许用弯曲应力提高的系数，其值取决于工作应力循环次数 N_L，见图 9-54；

Y_X——尺寸系数，其值取决于齿轮的模数和材料，当 $m\leqslant5$ 时取 1，查图 9-55；

S_{Fmin}——弯曲强度的最小安全系数，查表 9-127；

σ_{Flim}——为失效率 1% 时，实验齿轮的齿根弯曲疲劳强度极限，查图 9-56。

3. 标准直齿圆柱齿轮传动齿面接触疲劳强度计算

齿面疲劳点蚀与齿面接触应力的大小有关，最易发生在齿根部分靠近节线处，为计算方便，通常取节点处的接触应力作为计算依据。利用两圆柱赫兹公式，代入齿轮的参数，并进行简化处理：引进若干系数，得出节点处的接触应力，进而得出齿面接触疲劳强度的校核公式：$\sigma_H=Z_EZ_HZ_\varepsilon\sqrt{\dfrac{2KT_1}{bd_1^2}\dfrac{u\pm1}{u}}\leqslant[\sigma_H]$

设计式： $d_1\geqslant\sqrt[3]{\dfrac{2KT_1}{\psi_d}\dfrac{u\pm1}{u}\left(\dfrac{Z_EZ_HZ_\varepsilon}{[\sigma_H]}\right)^2}$ 正号用于外啮合，负号用于内啮合。

式中 Z_E——材料的弹性系数，与大小齿轮的材料有关，可查表 9-128；

Z_ε——重合度系数，代表重合度对接触应力的影响系数，$Z_\varepsilon=\sqrt{\dfrac{4-\varepsilon_\alpha}{3}}$，$\varepsilon_\alpha$ 为端面重合度，$\varepsilon_\alpha=\left[1.88-3.2\left(\dfrac{1}{z_1}\pm\dfrac{1}{z_2}\right)\right]\cos\beta$，其中“+”用于外啮合，“-”用于内啮合。若为直齿圆柱齿轮传动，则 $\beta=0$；

Z_H——节点区域系数：$Z_H=\sqrt{\dfrac{2}{\cos^2\alpha\sin\alpha'}}$，式中的 α' 为啮合角，考虑节点处齿廓曲率对接触应的影响，对于标准齿轮（$\alpha=20°$），按标准中心距安装时，节点区域系数 Z_H 为 2.5；

d_1——小齿轮的分度圆直径；

[σ_H]——许用应力，[σ_H]$=\sigma_{Hlim}Z_N/S_{Hmin}$；

σ_{Hlim}——失效率为 1% 时，试验齿轮的接触疲劳极限，查图 9-58；

S_{Hmin}——齿面接触强度最小安全系数，见表 9-127。因弯曲疲劳造成的轮齿折断有可能引起重大事故，而接触疲劳产生的点蚀只影响使用受命，故轮齿弯曲疲劳安全系数 S_{Fmin} 的数值远大于齿面接触疲劳安全系数 S_{Hmin}；

Z_N——接触疲劳强度计算的寿命系数，取决于工作应力循环次数 N_L，查图 9-57。

9.4.1.1.4 斜齿圆柱齿轮传动强度计算方法

斜齿圆柱齿轮传动的强度与其当量直齿轮等强度，直接套用其当量直齿轮的强度计算公式即可。斜齿轮的当量直齿轮是以该斜齿轮的法面模数 m_n 为当量齿轮的模数，以 $\rho_V=r/$

$\cos^2\beta$ 为当量分度圆半径（其中 $r=m_t z/2$），以 $z_V=z/\cos^3\beta$ 为当量齿数的直齿圆柱齿轮。但由于斜齿轮存在螺旋角使得其重合度较大，接触线较长，因此弯曲应力和接触应力比直齿轮有所降低，可引进螺旋角系数 Y_β（或 Z_β）进行修正。

1. 齿根弯曲疲劳强度计算公式

弯曲疲劳强度的校核式：

$$\sigma_F=\frac{2KT_1}{bm_n d_1}Y_{Fa}Y_{Sa}Y_\varepsilon Y_\beta\leqslant[\sigma_F]$$

弯曲疲劳强度的设计式：

$$m_n\geqslant\sqrt[3]{\frac{2KT_1\cos^2\beta}{\psi_d z_1^2[\sigma_F]}Y_{Fa}Y_{Sa}Y_\varepsilon Y_\beta}$$

式中 Y_β——螺旋角系数，$Y_\beta=1-\varepsilon_\beta\frac{\beta}{120°}\geqslant Y_{\beta\min}$，$Y_{\beta\min}=1-0.25\varepsilon_\beta\geqslant0.75$，当轴向重合度 $\varepsilon_\beta\geqslant1$ 时，按 $\varepsilon_\beta=1$ 计算；若 $Y_\beta\leqslant0.75$，则取 $Y_\beta=0.75$；当 $\beta>30°$ 时，按 $\beta=30°$ 计值；

Y_{Fa}——齿形系数，根据当量齿数 $z_v=z/\cos^3\beta$ 查图 9-52；

Y_{Sa}——应力修正系数，根据当量齿数 $z_v=z/\cos^3\beta$ 查图 9-53；

Y_ε——重合度系数，可套用直齿轮的公式计算，但应代以当量齿轮的端面重合度。

2. 齿面接触疲劳强度计算公式

齿面接触疲劳强度的校核式：

$$\sigma_H=Z_E Z_H Z_\varepsilon Z_\beta\sqrt{\frac{2KT_1}{bd_1^2}\cdot\frac{u\pm1}{u}}\leqslant[\sigma_H]$$

齿面接触疲劳强度的设计式：

$$d_1\geqslant\sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\psi_d}\cdot\frac{u\pm1}{u}\left(\frac{Z_E Z_H Z_\varepsilon Z_\beta}{[\sigma_H]}\right)^2}$$

式中 Z_ε——重合度系数，$Z_\varepsilon=\sqrt{\frac{4-\varepsilon_\alpha}{3}(1-\varepsilon_\beta)+\frac{\varepsilon_\beta}{\varepsilon_\alpha}}$，$\varepsilon_\alpha$ 及 ε_β 分别为端面重合度和轴向重合度；

Z_β——螺旋角系数，$Z_\beta=\sqrt{\cos\beta}$，β 为分度圆上的螺旋角；

Z_H——节点区域系数 Z_H，对于法面压力角 $\alpha_n=20°$ 的标准齿轮可查图 9-59。其余符号同直齿轮。

9.4.1.1.5 圆柱齿轮传动强度设计汇总

1. 圆柱齿轮的强度计算要点分析

圆柱齿轮的强度计算通常指两个强度：一个是齿面接触疲劳强度，一个是齿根弯曲疲劳强度。齿面接触疲劳强度的理论基础是利用弹性力学中两个圆柱体的赫兹公式，将赫兹公式中的参数转化为齿轮的参数，并进行简化处理，引进若干系数，即得出一对齿轮相啮合节点处的接触应力的计算式，代入强度公式进而推出齿面接触疲劳强度的校核式（已知几何尺寸校核强度）及设计式（已知力求几何尺寸）。齿面接触疲劳强度是针对齿面疲劳点蚀失效形式的强度公式。齿根弯曲疲劳强度的理论基础是将一个齿视为悬臂梁，利用材料力学公式

推导出齿根弯曲应力的计算式，代入强度公式进而推出齿根弯曲疲劳强度的校核公式及设计式。齿根弯曲疲劳强度是针对轮齿折断失效的强度公式。

2. 圆柱齿轮强度计算汇总

圆柱齿轮传动的强度计算公式汇总见表9-120。

圆柱齿轮传动的设计计算流程框图见图9-43。

圆柱齿轮传动的受力分析汇总见表9-121。

表9-120　圆柱齿轮传动强度计算公式

		齿面接触疲劳强度	齿根弯曲疲劳强度
直齿轮	校核公式	$\sigma_H = Z_E Z_H Z_\varepsilon \sqrt{\frac{2KT_1}{bd_1^2} \cdot \frac{u \pm 1}{u}} \leqslant [\sigma_H]$	$\sigma_F = \frac{2KT_1}{bd_1 m} Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\varepsilon \leqslant [\sigma_F]$
	设计公式	$d_1 \geqslant \sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\psi_d} \cdot \frac{u \pm 1}{u} \left(\frac{Z_E Z_H Z_\varepsilon}{[\sigma_H]}\right)^2}$	$m \geqslant \sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\psi_d Z_1^2 [\sigma_F]} Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\varepsilon}$
斜齿轮	校核公式	$\sigma_H = Z_E Z_H Z_\varepsilon Z_\beta \sqrt{\frac{2KT_1}{bd_1^2} \cdot \frac{u \pm 1}{u}} \leqslant [\sigma_H]$	$\sigma_F = \frac{2KT_1}{bd_1 m_n} Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\varepsilon Y_\beta \leqslant \lvert \sigma_F \rvert$
	设计公式	$d_1 \geqslant \sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\psi_d} \cdot \frac{u \pm 1}{u} \left(\frac{Z_E Z_H Z_\varepsilon Z_\beta}{[\sigma_H]}\right)^2}$	$m_n \geqslant \sqrt[3]{\frac{2KT_1 \cos^2\beta}{\psi_d Z_1^2 [\sigma_F]} Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\varepsilon Y_\beta}$
载荷系数		$K = K_A K_v K_\alpha K_\beta$	
		使用系数 K_A 表9-124；动载系数 K_v 图9-50	齿间载荷分配系数 K_α 直齿轮：设单齿对啮合 $K_\alpha \approx 1$ 斜齿轮：$K_\alpha \approx 1 \sim 1.4$；齿向载荷分布系数 K_β 图9-51
许用应力		许用接触应力 $[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlim} Z_N}{S_H}$	许用弯曲应力 $[\sigma_F] = \frac{\sigma_{Flim} Y_N Y_X}{S_F}$
		σ_{Hlim} 图9-58；Z_N 图9-57；S_H 表9-127	σ_{Flim} 图9-56；Y_N 图9-54；Y_X 图9-55；S_F 表9-127
其他系数		齿宽系数 ψ_d 表9-125；材料系数 Z_E 表9-128；节点系数 Z_H 直齿轮取2.5；斜齿轮查图9-59	齿形系数 Y_{Fa} 图9-52；应力修正系数 Y_{Sa} 图9-53
		接触重合度系数 $Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4-\varepsilon_\alpha}{3}(1-\varepsilon_\beta) + \frac{\varepsilon_\beta}{\varepsilon_\alpha}}$ 直齿轮 $\varepsilon_\beta = 0$，斜齿轮当 $\varepsilon_\beta \geqslant 1$ 时，取 $\varepsilon_\beta = 1$；螺旋角系数 $Z_\beta = \sqrt{\cos\beta}$	弯曲重合度系数 $Y_\varepsilon = 0.25 + \frac{0.75}{\varepsilon_\alpha}$；弯曲螺旋角系数 $Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \frac{\beta}{120°}$ 式中：纵向重合度 $\varepsilon_\beta = \frac{b\sin\beta}{\pi m_n}$

注：表中其余符号的意义见参考文献［1］、［2］。

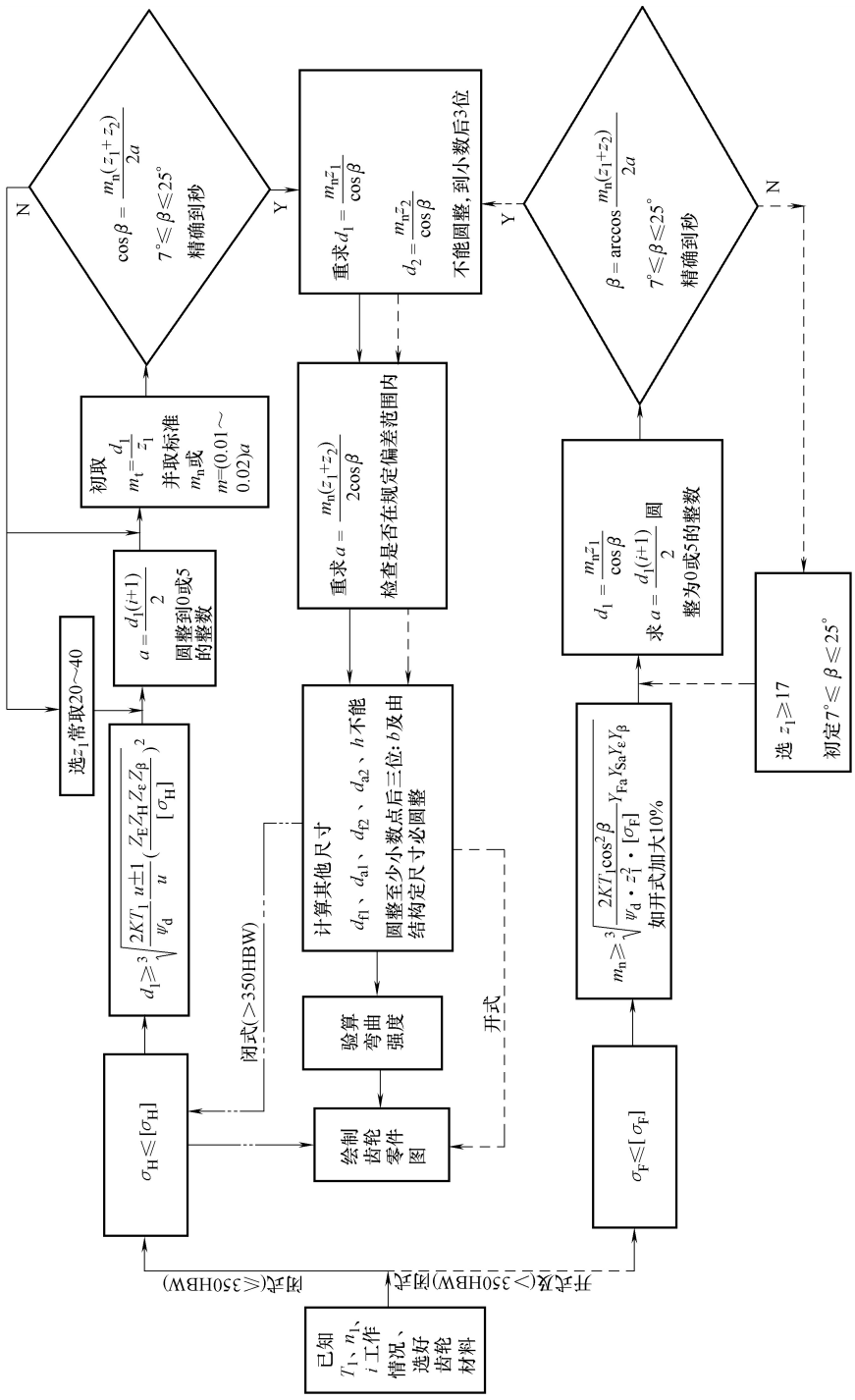
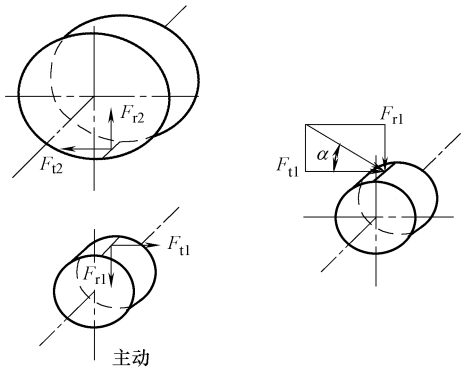
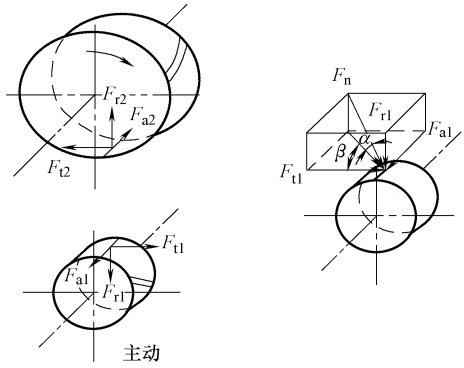


图 9-43　圆柱齿轮传动设计步骤流程框图

表 9-121　圆柱齿轮传动受力分析汇总

	直　齿　轮	斜　齿　轮
力分析图		
力的大小	圆周力：$F_t=\dfrac{2T_1}{d_1}$　　$(d_1=mz_1)$ 径向力：$F_r=F_t\tan\alpha$	圆周力：$F_t=\dfrac{2T_1}{d_1}\left(d_1=\dfrac{m_n z_1}{\cos\beta}\right)$ 径向力：$F_r=\dfrac{F_t\tan\alpha_n}{\cos\beta}$ 轴向力：$F_a=F_t\tan\beta$
力的方向	圆周力 F_t： 主动轮圆周力 F_{t1} 方向与转向相反 从动轮圆周力 F_{t2} 方向与转向相同； 径向力 F_r： 无论主动轮还是从动轮都是过啮合点分别指向各自的轮心	圆周力 F_t： 主动轮圆周力 F_{t1} 方向与转向相反 从动轮圆周力 F_{t2} 方向与转向相同 径向力 F_r： 无论主动轮还是从动轮都是过啮合点 分别指向各自的轮心 轴向力 F_a： 1. 主动轮用左、右手法则判断：四个指头代表转向、拇指代表轴向力方向 2. 从动轮与主动轮轴向力方向相反

9.4.1.1.6　圆柱齿轮传动设计计算实例解析

设计如图 9-44 所示带式输送机减速器的高速级齿轮传动。已知该传动系统由 Y 系列三相异步电动机驱动，高速级齿轮的输入功率 $P=10\text{kW}$，小齿轮转速 $n_1=960\text{r/min}$，齿数比 $i=3.2$，工作寿命 15 年（每年工作 300 天），两班制，带式输送机工作平稳，转向不变。

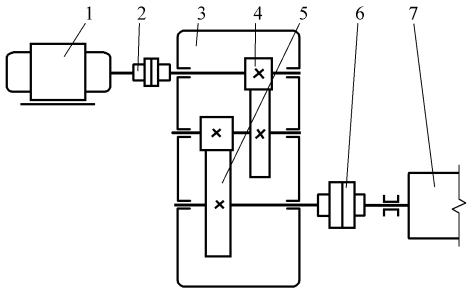


图 9-44　带式输送机传动简图

1—电动机　2、6—联轴器　3—减速器　4—高速级齿轮传动　5—低速级齿轮传动　7—输送机滚筒

1. 设计计算步骤

设计项目及依据和计算结果见表 9-122。

2. 结构设计

强度计算只是计算出齿轮的主要几何尺寸：齿顶圆直径、分度圆直径、齿根圆直径、齿宽，其他尺寸的确定和齿轮采用何种结构是齿轮结构设计的内容。结构设计根据经验设计，表 9-146 给出了常见圆柱齿轮结构形式及尺寸计算的经验公式，考虑方便加工及测量，经验公

式计算的数据必须圆整为整数。如果有实际设计经验，也可自行设计，表 9-128 给出的齿轮结构形式及尺寸计算的经验公式仅供参考。

表 9-122　设计项目及依据和计算结果

设计项目及依据	设计结果
1. 选定齿轮类型、精度等级、材料及齿数 (1)齿轮类型选择 斜齿轮传动平稳,重合度大,本题选用斜齿圆柱齿轮传动	选用斜齿圆柱齿轮传动
(2)材料选择 常用的齿轮材料是优质碳素钢、合金结构钢等,考虑是一般减速器,强度、速度和精度要求不高的一般机械传动,为了降低造价,选用软齿面。闭式软齿面齿轮传动常用材料是中碳钢或中碳合金钢,例如 35、45、40Cr 和 35SiMn,一般经调质或正火处理 由于小齿轮轮齿工作次数较多,为使大小齿轮尽量等寿命,应使其小齿轮齿面硬度比大齿轮的高出 30～50HBW,可通过采用不同种材料同一热处理,或采用同一种材料不同的热处理方法来达到硬度差。本题采用了前一种方法。参考表 9-129:选择小齿轮材料为 40Cr,调质处理,齿面硬度 $HBW_1=280HBW$;大齿轮材料为 45 钢,调质处理,齿面硬度 $HBW_2=240HBW$ 两齿轮齿面硬度差 $HBW_1-HBW_2=280-240=40HBW$,在 30～50HBW 范围内	小齿轮为 40Cr,调质,$HBW_1=280HBW$ 大齿轮为 45 钢,调质,$HBW_2=240HBW$
(3)精度选择 参考表 9-131,工作机为一般工况的工作机,速度不高,传动装置属于一般用途减速器,精度等级为 6～9 级,又假设齿轮的圆周速度小于 10m/s,则选 7、8、9 级精度均可,但考虑单件生产选择稍高一点的精度,故选用 7 级精度。	选用 7 级精度
(4)初选齿数 对于闭式软齿面齿轮传动,主要失效形式是齿面疲劳点蚀,传动尺寸主要取决于齿面接触疲劳强度,而齿根弯曲疲劳强度往往比较富余,这时,在传动尺寸不变并满足弯曲疲劳强度的条件下,应选小模数,多齿数,这样,有利于增大重合度,提高运动的平稳性,而且还会减小滑动系数,提高传动效率。模数小,齿槽小,全齿高小,切削量小,延长刀具的使用寿命,减少加工工时等,参考圆柱齿轮设计框图 9-43,小齿轮的齿数 $z_1=20\sim40$,本题初选小齿轮齿数 $z_1=25$,$z_2=iz_1=3.2\times25=80$	$z_1=25$ $z_2=80$
(5)初选螺旋角 $\beta=13°$	$\beta=13°$
2. 按齿面接触疲劳强度设计 由表 9-120 公式:$d_1\geqslant\sqrt[3]{\frac{2KT_1}{\psi_d}\cdot\frac{u\pm1}{u}\left(\frac{Z_EZ_HZ_\varepsilon Z_\beta}{[\sigma_H]}\right)^2}$ (1)确定设计公式中各参数 1)初选载荷系数 $K_t=1.3$(即 $K=K_AK_vK_\alpha K_\beta$,为简化计算,可初步在 1.1～1.5 之间选取,最后有修正计算)	$K_t=1.3$
2)小齿轮传递的转矩 $T_1=9.55\times10^6P/n_1=9.55\times10^6\times10/960=9.948\times10^4N\cdot mm$	$T_1=9.948\times10^4N\cdot mm$
3)选取齿宽系数 ψ_d　查表 9-125,取 $\psi_d=1$	$\psi_d=1$
4)弹性系数 Z_E　查表 9-128	$Z_E=189.8\sqrt{MPa}$
5)小、大齿轮的接触疲劳极限 σ_{Hlim1}、σ_{Hlim2} 接触疲劳极限,查图 9-58c:$\sigma_{Hlim1}=750MPa$,$\sigma_{Hlim2}=580MPa$	$\sigma_{Hlim1}=750MPa$ $\sigma_{Hlim2}=580MPa$
6)应力循环次数 $N_{L1}=60\gamma n_1t_h=60\times1\times960\times(2\times8\times300\times15)=4.147\times10^9$ $N_{L2}=N_1/u=4.147\times10^9/3.2=1.296\times10^9$	$N_{L1}=4.147\times10^9$ $N_{L2}=1.296\times10^9$
7)接触寿命系数 Z_{N1}、Z_{N2} 接触寿命系数,查图 9-57	$Z_{N1}=0.90$ $Z_{N2}=0.95$

（续）

设计项目及依据	设计结果
8）计算许用接触应力$[\sigma_{H1}]$、$[\sigma_{H2}]$ 按一般可靠度考虑，查表9-127最小安全系数$S_{Hmin}=1$ 参考表9-120的公式：$[\sigma_{H1}]=\frac{\sigma_{Hlim1}Z_{N1}}{S_{Hmin}}=\frac{750\times0.9}{1}\text{MPa}=675\text{MPa}$ $[\sigma_{H2}]=\frac{\sigma_{Hlim2}Z_{N2}}{S_{Hmin}}\text{MPa}=\frac{580\times0.95}{1}\text{MPa}=551\text{MPa}$	$[\sigma_{H1}]=675\text{MPa}$ $[\sigma_{H2}]=551\text{MPa}$
9）节点区域系数Z_H 查图9-59：按不变位$x=0$得$Z_H=2.43$	$Z_H=2.43$
10）计算端面重合度ε_α 参考表9-130代入端面重合度ε_α公式（为简化计算，先按直齿轮考虑）： $\varepsilon_\alpha=\left[1.88-3.2\left(\frac{1}{z_1}+\frac{1}{z_2}\right)\right]\cos\beta$ $=\left[1.88-3.2\left(\frac{1}{25}+\frac{1}{80}\right)\right]\cos13°=1.67$	$\varepsilon_\alpha=1.67$
11）计算纵向重合度ε_β 由表9-130中公式，$\varepsilon_\beta=\frac{b\sin\beta}{\pi m_n}\approx0.318\psi_d z_1\tan\beta=1.84$	$\varepsilon_\beta=1.84$
12）计算重合度系数Z_ε 因$\varepsilon_\beta>1$，取$\varepsilon_\beta=1$（见表9-120中的公式），故 $Z_\varepsilon=\sqrt{\frac{4-\varepsilon_\alpha}{3}(1-\varepsilon_\beta)+\frac{\varepsilon_\beta}{\varepsilon_\alpha}}=\sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}}=0.77$	$Z_\varepsilon=0.77$
13）螺旋角系数 由表9-120中的公式得： $Z_\beta=\sqrt{\cos\beta}=\sqrt{\cos13°}\approx0.987$	$Z_\beta=0.987$
（2）设计计算 1）试算小齿轮分度圆直径d_{1t} 计算时为了安全起见，代入两个齿轮中许用应力小者，即$[\sigma_{H2}]=551\text{MPa}$。还有一种计算方法：即设计斜齿轮时，用大、小齿轮许用应力的平均值代入，本例采用了前一种方法：取许用应力小者代入： $d_{1t}\geqslant\sqrt[3]{\frac{2\times1.3\times9.948\times10^4}{1}\times\frac{3.2+1}{3.2}\times\left(\frac{189.8\times2.43\times0.77\times0.987}{551}\right)^2}$ $\geqslant51.60\text{mm}$	$d_{1t}=51.60\text{mm}$
2）计算圆周速度v $v=\frac{\pi d_{1t}n_1}{60\times1000}=\frac{\pi\times51.60\times960}{60\times1000}\text{m/s}=2.59\text{m/s}$ 按表9-131校核速度，选用7级精度合理（因$v<15\text{m/s}$）	$v=2.59\text{m/s}$ 选7级精度合理
3）计算载荷系数K 查表9-124得使用系数$K_A=1$；根据$v=2.59\text{m/s}$，7级精度，查图9-50得动载系数$K_v=1.10$；假设为单齿对啮合，参考表9-120：$K_\alpha\approx1\sim1.4$，本例取$K_\alpha=1.1$；查图9-51曲线2得齿向载荷分布系数$K_\beta=1.08$ 则 $K=K_AK_vK_\alpha K_\beta=1\times1.10\times1.1\times1.08=1.307$	$K_A=1$ $K_v=1.10$ $K_\alpha=1.1$ $K_\beta=1.08$ $K=1.307$
4）校正分度圆直径d_1 $d_1=d_{1t}\sqrt[3]{K/K_t}=51.60\times\sqrt[3]{1.307/1.3}\text{mm}=51.69\text{mm}$	$d_1=51.69\text{mm}$
3. 主要几何尺寸计算 1）计算模数m_n	

（续）

设计项目及依据	设计结果
$m_n = d_1\cos\beta/z_1 = 51.69 \times \cos 13°/25\text{mm} = 2.01\text{mm}$，按标准查表 9-126 取 $m_n = 2\text{mm}$	$m_n = 2\text{mm}$
2）计算中心距 a $a = \frac{m_n}{2\cos\beta}(z_1 + z_2) = \frac{2}{2 \times \cos 13°} \times (25 + 80)\text{mm} = 107.76\text{mm}$，取稍大一点的值进行圆整，本例圆整为 $a = 110\text{mm}$	圆整为 $a = 110\text{mm}$
3）计算螺旋角 β $\beta = \arccos\frac{m_n(z_1 + z_2)}{2a} = \arccos\frac{2 \times (25 + 80)}{2 \times 110} = 17.34° = 17°20'29''$ 参考图 9-43，角度满足在 7°～25°范围内，因此合格。	$\beta = 17°20'29''$ 合格
4）重新计算分度圆直径 d_1、d_2 $d_1 = \frac{m_n z_1}{\cos\beta} = \frac{2 \times 25}{\cos 17.34°}\text{mm} = 52.38\text{mm}$ $d_2 = \frac{m_n z_2}{\cos\beta} = \frac{2 \times 80}{\cos 17.34°}\text{mm} = 167.62\text{mm}$	$d_1 = 52.38\text{mm}$ $d_2 = 167.62\text{mm}$
5）计算顶圆直径 d_{a1}、d_{a2} 查表 9-130 计算小齿轮及大齿轮的齿顶圆直径： $d_{a1} = d_1 + 2h_a = d_1 + 2m_n = (52.38 + 2 \times 2)\text{mm} = 56.38\text{mm}$ $d_{a2} = d_2 + 2h_a = d_2 + 2m_n = (167.62 + 2 \times 2)\text{mm} = 171.62\text{mm}$	$d_{a1} = 56.38\text{mm}$ $d_{a2} = 171.62\text{mm}$
6）计算根圆直径 d_{f1}、d_{f2} 查表 9-130 计算小齿轮及大齿轮的齿根圆直径： $d_{f1} = d_1 - 2h_f = d_1 - 2 \times 1.25m_n = (52.38 - 2 \times 1.25 \times 2)\text{mm} = 47.38\text{mm}$ $d_{f2} = d_2 - 2h_f = d_2 - 2 \times 1.25m_n = (167.62 - 2 \times 1.25 \times 2)\text{mm} = 162.62\text{mm}$	$d_{f1} = 47.38\text{mm}$ $d_{f2} = 162.62\text{mm}$
7）计算全齿高 h 查表 9-130，代入公式：$h = h_a + h_f = m_n + 1.25m_n = 2.25 \times 2\text{mm} = 4.5\text{mm}$ 注：以上 4）、5）、6）、7）项所计算的齿轮几何参数必须至少精确到小数点后 2 位，因为这几项几何参数直接涉及加工齿轮的精度问题。	$h = 4.5\text{mm}$
8）中心距 a 查表 9-130 代入公式：$a = \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2\cos\beta} = \frac{2 \times (25 + 80)}{2 \times \cos 17.34°} = 109.999\text{mm} \approx 110.00\text{mm}$ 中心距 a 在偏差范围内（偏差见表 9-144：偏差值为 ±0.027mm）。	$a = 110.00\text{mm}$
9）计算齿宽 b $b = \psi_d d_1 = 1.0 \times 52.38\text{mm} = 52.38\text{mm}$，即 b_2 值（工作齿宽），取 $b_2 = 56\text{mm}$，（齿宽系数查表 9-125，齿宽 b 参考表 9-145 标准尺寸，大于 52.38mm 的为 53mm，但为第三系列，尽量不取，因此取第二系列即 56mm）。为防止安装窜动，通常取小齿轮齿宽比大齿轮宽，即：$b_1 = b_2 + (5 \sim 10)\text{mm}$，则取 $b_1 = 60\text{mm}$	取 $b_1 = 60\text{mm}$ $b_2 = 56\text{mm}$
4. 校核齿根弯曲疲劳强度 参考表 9-120 公式：$\sigma_F = \frac{2KT_1}{bm_n d_1} Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\varepsilon Y_\beta \leqslant [\sigma_F]$ （1）确定验算公式中各参数 1）小、大齿轮的弯曲疲劳极限 σ_{Flim1}、及 σ_{Flim2} 由图 9-56c，$\sigma_{Flim1} = 620\text{MPa}$，$\sigma_{Flim2} = 450\text{MPa}$ 2）弯曲寿命系数 Y_{N1}、Y_{N2} 由图 9-54：$Y_{N1} = 0.86$，$Y_{N2} = 0.88$ 3）尺寸系数 Y_X 由图 9-55：$Y_X = 1$ 4）计算小、大齿轮的许用弯曲应力 $[\sigma_{F1}]$、$[\sigma_{F2}]$	$Y_{N1} = 0.86$ $Y_{N2} = 0.88$ $Y_X = 1$

（续）

设计项目及依据	设计结果
查表9-127：最小安全系数 $S_{Fmin}=1.25$	$S_{Fmin}=1.25$
代入表9-120公式：$[\sigma_{F1}]=\frac{\sigma_{Flim1}Y_{N1}Y_X}{S_{Fmin}}=\frac{620\times0.86\times1}{1.25}\text{MPa}=427\text{MPa}$	$[\sigma_{F1}]=427\text{MPa}$
$[\sigma_{F2}]=\frac{\sigma_{Flim2}Y_{N2}Y_X}{S_{Fmin}}=\frac{450\times0.88\times1}{1.25}\text{MPa}=317\text{MPa}$	$[\sigma_{F2}]=317\text{MPa}$
5）计算当量齿数 z_{v1}、z_{v2}	
查表9-130：	$z_{v1}=28.74$
$z_{v1}=\frac{z_1}{\cos^3\beta}=\frac{25}{\cos^3 17.34°}=28.74$	$z_{v2}=91.98$
$z_{v2}=\frac{z_2}{\cos^3\beta}=\frac{80}{\cos^3 17.34°}=91.98$	
6）计算当量齿轮的端面重合度 $\varepsilon_{\alpha v}$	
参考表9-120的公式，代入数字得：	
$\varepsilon_{\alpha v}=\left[1.88-3.2\left(\frac{1}{z_{v1}}+\frac{1}{z_{v2}}\right)\right]\cos\beta$	$\varepsilon_{\alpha v}=1.66$
$=\left[1.88-3.2\left(\frac{1}{28.74}+\frac{1}{91.98}\right)\right]\cos17.34°=1.66$	
7）计算重合度系数 Y_ρ	
代入表9-120公式得：$Y_\varepsilon=0.25+\frac{0.75}{\varepsilon_{\alpha v}}=0.25+\frac{0.75}{1.66}=0.70$	$Y_\varepsilon=0.70$
8）计算螺旋角系数 Y_β	
由表9-120公式：纵向重合度 $\varepsilon_\beta=\frac{b\sin\beta}{\pi m_n}=\frac{55\times\sin17.34°}{\pi\times2}=2.6>1$	
代入公式（参考文献[1]）得：$Y_{\beta min}=1-0.25\varepsilon_\beta=1-0.25\times1=0.75$	
当 $\varepsilon_\beta\geqslant1$ 时，按 $\varepsilon_\beta=1$ 计算，因此 $\varepsilon_\beta=1$（参考表9-120）， 代入公式（参考文献[1]）得：	
$Y_\beta=1-\varepsilon_\beta\frac{\beta°}{120°}=1-1\times\frac{17.34°}{120°}=0.86>Y_{\beta min}$	$Y_\beta=0.86$
9）计算齿形系数 Y_{Fa1}、Y_{Fa2}	$Y_{Fa1}=2.57$
由当量齿数 $z_{v1}=28.74$、$z_{v2}=91.98$（前面计算得）， 查图9-52，$Y_{Fa1}=2.57$；$Y_{Fa2}=2.21$；	$Y_{Fa2}=2.21$
10）应力修正系数 Y_{Sa1}、Y_{Sa2}	$Y_{Sa1}=1.60$
由当量齿数 $z_{v1}=28.74$、$z_{v2}=91.98$，查图9-53，$Y_{Sa1}=1.60$；$Y_{Sa2}=1.78$	$Y_{Sa2}=1.78$
（2）弯曲强度校核计算	
由表9-120中的公式进行校核，但因大小齿轮所受的弯曲应力不同，许用弯曲应力也不同，因此大小齿轮必须分别校核：	
$\sigma_{F1}=\frac{2\times1.307\times9.948\times10^4}{55\times2\times52.38}\times2.57\times1.60\times0.70\times0.89\text{MPa}$	$\sigma_{F1}=115.62\leqslant[\sigma_{F1}]$
$=115.62\text{MPa}\leqslant[\sigma_{F1}]$	$\sigma_{F2}=110.61\leqslant[\sigma_{F2}]$
$\sigma_{F2}=\sigma_{F1}\frac{Y_{Fa2}Y_{Sa2}}{Y_{Fa1}Y_{Sa1}}=115.62\times\frac{2.21\times1.78}{2.57\times1.60}\text{MPa}=110.61\text{MPa}\leqslant[\sigma_{F2}]$	弯曲强度满足要求
5. 静强度校核 传动平稳，无严重过载，故不需静强度校核	

（1）小齿轮结构设计

参考表9-146：因小齿轮的分度圆直径 $d_{a1}=56.38\text{mm}$，小于160mm，应采用实心轮；但因没有设计轴，不知是否为齿轮轴，结构设计略。

（2）大齿轮结构设计

参考表 9-146：因齿顶圆直径 $d_{a2}=171.62$mm，大于 160mm，但小于 500mm，故选用辐板（孔板）式结构。再根据图可以计算相关的结构尺寸。

内孔应由轴的强度计算及结构设计后再确定，本题因没进行轴的设计，此处假定为 ϕ45mm；

$D_1=1.6\times45=72$mm，取 $\delta_0=10$mm（也可取其他数，但必须大于 8mm）；

$D_2=171.62-2h-2\delta_0=171.62-2\times4.5-2\times10=142.62$mm，取整数，并按习惯取偶数，即取 $D_2=142$mm；

$D_0=0.5(D_1+D_2)=0.5\times(72+148)\text{mm}=110\text{mm}$，

$L=b_2=56$mm；

$d_0=(0.25\sim0.35)(D_2-D_1)=(0.25\sim0.35)\times(148-72)\text{mm}=(19\sim26.6)\text{mm}$，本例题取为偶数 22mm，当然不是唯一的；辐板厚度 $c\approx(0.2\sim0.3)b\approx(0.2\sim0.3)\times55\text{mm}=11\sim16.5$mm，本例题取 12mm；取 $r=5$mm；倒角取大一点的值，取 2mm。

3. 零件工作图绘制

大齿轮零件工作图的绘制包括以下主要内容：

（1）视图

因为齿轮属于盘类零件，与带轮、链轮、蜗轮等零件相同，视图选择只需两视图即可表达清楚，零件图按国家标准《机械制图》的规定画出。如果是齿轮轴，则与轴类零件图相似，为了表达齿形的有关特性及参数必要时应画出局部剖视图。

（2）标注尺寸

各径向尺寸以齿轮孔中心线为基准（齿轮轴则以轴心线为基准），齿宽方向以端面为基准标注尺寸。分度圆直径为设计的基本尺寸，应标注出准确值（至少精确到小数点后面 2 位），顶圆直径、全齿高是加工的主要尺寸，也应标注出准确值，至少精确到小数点后面 2 位。齿根圆直径不标注（给出全齿高或齿顶高系数后加工时自然形成），如果标注则说明有特殊要求。

（3）标出尺寸及公差

1）齿轮的轴孔。齿轮的轴孔是加工、测量和装配的重要基准，尺寸精度要求较高，应根据装配图上标定的配合性质和公差精度等级进行标注。本例是一般减速器，采用平键连接，因此轴孔配合常用基孔制、过渡配合，本例采用 $\phi45\dfrac{\text{H7}}{\text{k6}}$。因此齿轮零件圆孔的公差按 H7 查（参考第 4 章 4.1 节），标出其极限偏差值为 $\phi45^{+0.025}_{0}$，见图 9-45。

2）齿顶圆尺寸偏差。按国家标准查表 9-142，因为本例 $m_n=2$mm，符合 m（m_n）≤ 5mm 的条件，此时不以齿顶圆作为测量基准（齿比较小，不便于测量），而测公法线长来控制齿厚偏差，因此齿顶圆直径公差按 IT11 给出。查表 9-142：齿顶圆 $d_{a2}=171.62$mm，IT11 为 0.25mm（参考第 4 章 4.1 节），但不大于 0.1mm，即 0.2mm，因此本例取 0.2mm，即上偏差为零、下偏差为 −0.2mm，见图 9-45 的标注 $\phi171.62^{0}_{-0.2}$。

3）轮毂槽。轮毂槽宽度尺寸 b、$(d+t_1)$ 以及它们的极限偏差值参考第 8 章 8.2 节键连接：普通平键（GB/T 1095—2003、GB/T 1096—2003）：轴孔直径为 ϕ45mm 时，键宽（即轮毂槽宽）$b=14$mm，按正常连接的毂公差为 JS9，即 14 ± 0.021mm；毂槽深 $t_1=$

3.8mm，因此（$d+t_1$）=45+3.8=48.8mm。公差值按毂槽深 t_1 公差值 $^{+0.2}_{0}$ 标注，即 $48.8^{+0.2}_{0}$，见图9-45的标注。

（4）标出齿轮零件的几何公差

轮坯的几何公差对齿轮类零件的传动精度要求有很大影响，故需按工作要求标注出必要的项目。轮坯的几何公差主要包括：

1）齿轮齿顶圆的径向圆跳动公差

参考表9-143：根据7级精度以及分度圆直径 d_2=167.62mm，确定齿坯径向跳动公差值为0.022mm。标注见图9-45。

2）齿轮端面的端面圆跳动公差

参考表9-143：根据7级精度以及分度圆直径 d_2=167.62mm，确定齿坯端面跳动公差值为0.022mm，标注见图9-45。

3）轮毂槽的对称度公差

参考文献［2］附录C表C.12：根据轮毂槽宽14mm及7级精度齿轮可查得对称度公差为0.008mm，标注见图9-45。

（5）标出表面粗糙度

圆柱齿轮各表面粗糙度值根据其功能并结合加工方法确定，可参考文献［2］附录C表C.22～23：标注见图9-45。

（6）编写啮合特性表

啮合特性表是齿轮零件工作图不可缺少的内容，包括加工齿轮和检测齿轮所必需的参数，主要包括：

1）加工齿轮的基本参数

模数 m（m_n）、齿数 z、压力角 α、齿顶高系数 h_a^*、变位系数 x。

2）中心距及极限偏差

根据计算中心距为 a=110mm，极限偏差查表9-144，标注为110±0.027mm。

3）检测齿轮的主要参数

精度等级（运动精度、工作平稳性精度、接触精度）、中心距及其偏差、圆柱齿轮和齿轮传动检验项目、齿轮副的侧隙及齿厚极限偏差或公法线长度极限偏差（参考表9-132～表9-144）。

（7）编写技术要求：即图中没表现出来，而加工时必需的项目，例如：

1）对材料表面性能的要求，如热处理方法，热处理后应达到的硬度值。

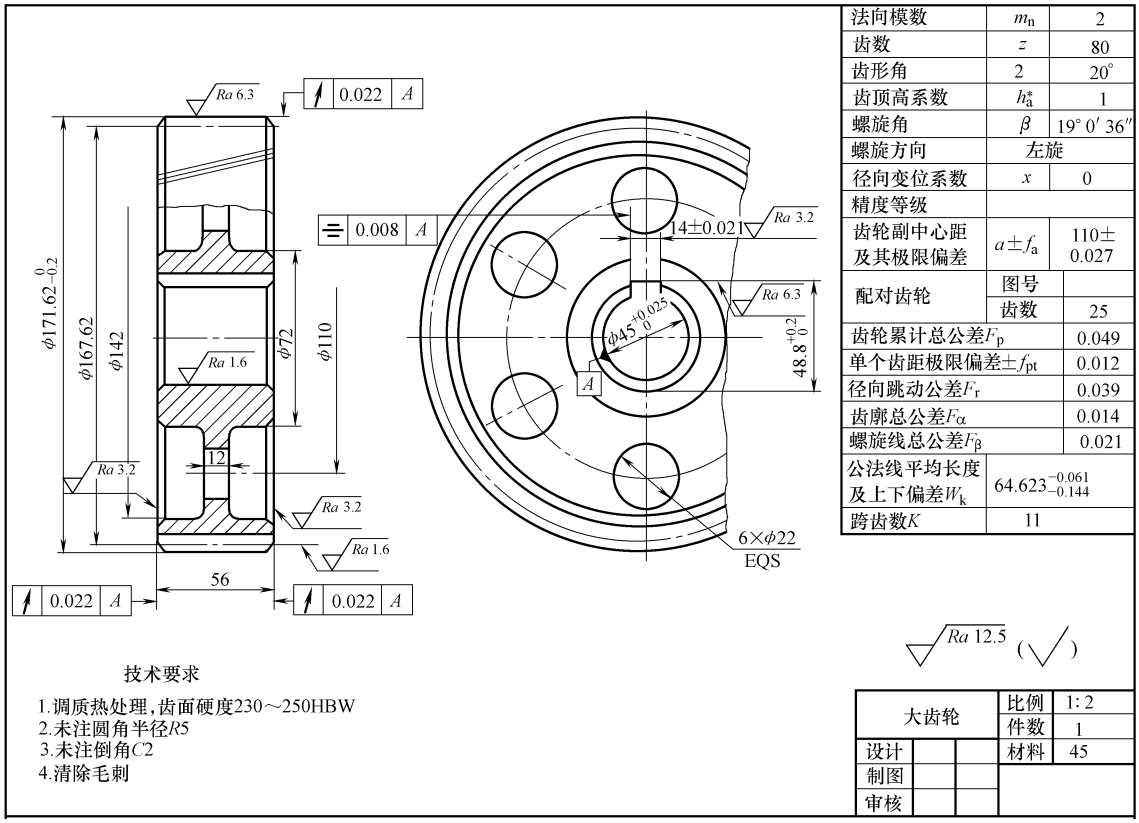
2）对图中未标明的圆角、倒角尺寸及其他特殊要求的说明等。

（8）画出齿轮工作图标题栏（参考第2章机械制图）：主要内容包括：名称、比例、材料、图号、日期、设计人、审阅人等。

本例所设计的大斜齿轮零件工作图见图9-45。

9.4.1.2 直齿圆锥齿轮传动

锥齿轮用来实现同一平面两相交轴之间的传动，考虑便于加工，交角一般多采用90°。锥齿轮的轮齿排列在截圆锥体上，轮齿由大端到小端逐渐收缩变小，由于这一特点，对应于圆柱齿轮中的各有关“圆柱”在锥齿轮中就变成了“锥”，如分度锥、节锥、齿顶锥等。锥



法向模数	m_n	2
齿数	z	80
齿形角	2	20°
齿顶高系数	h_a^*	1
螺旋角	β	19° 0′ 36″
螺旋方向	左旋	
径向变位系数	x	0
精度等级		
齿轮副中心距及其极限偏差	$a \pm f_a$	110±0.027
配对齿轮	图号	
	齿数	25
齿轮累计总公差F_p		0.049
单个齿距极限偏差$\pm f_{pt}$		0.012
径向跳动公差F_r		0.039
齿廓总公差F_α		0.014
螺旋线总公差F_β		0.021
公法线平均长度及上下偏差W_k	$64.623^{-0.061}_{-0.144}$	
跨齿数K	11	

图 9-45　大斜齿轮零件工作图

齿轮的轮齿有直齿、斜齿和曲线齿等形式。直齿和斜齿锥齿轮设计、制造及安装均较简单，但噪声较大，用于低速传动（<5m/s）；曲线齿锥齿轮具有传动平稳、噪声小及承载能力大等特点，用于高速重载的场合。本节只讨论 $\delta=90°$ 的标准直齿锥齿轮传动。

9.4.1.2.1　直齿锥齿轮传动的受力分析

当两轴正交（$\delta_1+\delta_2=90°$）时，直齿锥齿轮齿廓在节点 P 接触的受力情况如图 9-46 所示。在忽略摩擦力时法向力 F_n 可分解为圆周力 F_t、径向力 F_r 和轴向力 F_a 三个分力。

1. 计算公式

圆周力　$F_{t1}=2T_1/d_{m1}$

径向力　$F_{r1}=F_{t1}\tan\alpha\cos\delta_1$

轴向力　$F_{a1}=F_{t1}\tan\alpha\sin\delta_1$

法向力　$F_n=F_{t1}/\cos\alpha$

式中，$d_{m1}=d_1-b\sin\delta_1$（b 为轮齿宽度，d_1 为大端面分度圆直径，δ_1 为小齿轮的分锥角）是小齿轮齿宽中点的分度圆直径。

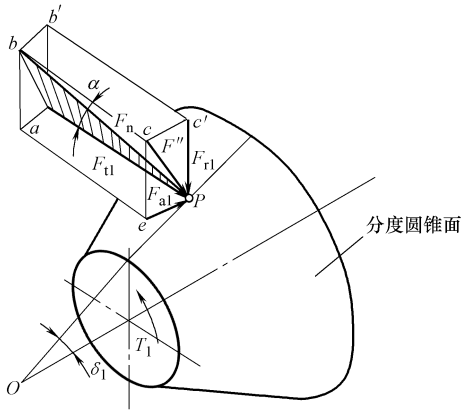


图 9-46　直齿锥齿轮传动的受力分析

2. 力的方向

（1）圆周力 F_t 的方向在主动轮上与运动方向相反，在从动轮上与运动方向相同，且互为作

用力与反作用力，即 $F_{t1}=-F_{t2}$；

（2）径向力 F_r 的方向对两轮都是垂直指向各自齿轮的轴线；

（3）轴向力 F_a 的方向对两齿轮均指向各自齿轮的大端。

由于两锥齿轮的轴相互垂直，即 $\delta_1+\delta_2=90°$，因此，小齿轮上的径向力和轴向力分别与大齿轮上的轴向力和径向力为作用力与反作用力，即 $F_{r1}=-F_{a2}$，$F_{a1}=-F_{r2}$。

9.4.1.2.2　直齿锥齿轮传动的设计方法概述

直齿锥齿轮从大端到小端的分度圆直径和模数都是变化的，因此强度计算比较复杂。为了简化计算，通常按其齿宽中点处当量齿轮进行强度计算，齿宽中点处当量齿轮的模数就是齿宽中点处的模数、齿宽中点处当量齿轮的半径就是齿宽中点处背锥的母线长。也就是直齿锥齿轮的强度与齿宽中点处的当量齿轮等强度。这样，就可以直接引用直齿圆柱齿轮的相应公式进行计算，但需要将公式中参数代入当量齿轮的参数，然后将当量齿轮的参数转化为齿宽中点处的参数，进而转化为大端参数，因为大端参数容易测量。

9.4.1.2.3　齿宽中点处的当量齿轮

将锥齿轮齿宽中点处的背锥展成平面扇形（图9-47），并取锥齿轮平均模数 m_m 和标准压力角 α，将两扇形补足为完整的圆柱齿轮，该直齿圆柱齿轮即为齿宽中点处的当量齿轮。引入齿宽系数 $\psi_R=b/R$，可得当量齿轮与锥齿轮大端面之间的参数关系。

（1）当量齿轮分度圆直径

$$d_{v1}=d_{m1}/\cos\delta_1=d_1(1-0.5\psi_R)/\cos\delta_1$$

$$d_{v2}=d_{m2}/\cos\delta_2=d_2(1-0.5\psi_R)/\cos\delta_2$$

（2）当量齿数

$$z_{v1}=z_1/\cos\delta_1$$

$$z_{v2}=z_2/\cos\delta_2$$

（3）当量齿轮的模数

$$m_m=m(1-0.5\psi_R)$$

（4）当量齿轮的齿数比

$$u_v=\frac{z_{v2}}{z_{v1}}=\frac{z_2}{z_1}\cdot\frac{\cos\delta_1}{\cos\delta_2}=u^2$$

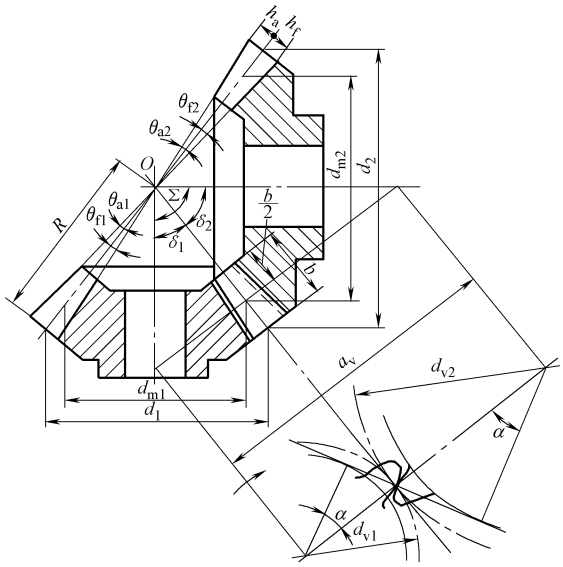


图9-47　标准直齿锥齿轮传动几何关系（轴交角 $\Sigma=90°$）

9.4.1.2.4　弯曲疲劳强度的计算公式

1. 强度计算公式

直齿锥齿轮传动的强度计算可依据其齿宽中点的当量齿轮套用直齿圆柱齿轮的强度计算公式得到。但考虑齿面接触区长短对应力的影响，取有效宽度为 $0.85b$。

（1）轮齿弯曲疲劳强度的验算公式

$$\sigma_F=\frac{4.7KT_1}{\psi_R(1-0.5\psi_R)^2z_1^2m^3\sqrt{u^2+1}}Y_{Fa}Y_{Sa}Y_\varepsilon\leqslant[\sigma_F]$$

（2）轮齿弯曲疲劳强度的设计公式

$$m \geqslant \sqrt[3]{\frac{4.7KT_1}{\psi_R(1-0.5\psi_R)^2 z_1^2[\sigma_F]\sqrt{u^2+1}} Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\varepsilon}$$

2. 弯曲疲劳强度参数的选择和注意问题

（1）齿宽系数 $\psi_R = b/R$

由于锥齿轮两端轴承很难对称布置，多为悬臂，载荷分布不均现象较为严重，因此，宽度 b 不能过大，一般取齿宽系数 $\psi_R = 0.25 \sim 0.35$，最常用的值为 1/3。

（2）齿形系数 Y_{Fa} 和应力修正系数 Y_{Sa}

在选取这两个系数时，按当量齿数 $z_v = z/\cos\delta$ 分别查图 9-60 和图 9-61。

（3）载荷系数 $K = K_A K_v K_\alpha K_\beta$

其中使用系数 K_A 的查取与直齿圆柱齿轮相同；动载系数 K_v 按齿宽中点圆周速度，精度等级应按低一级的精度查图 9-50；因直齿锥齿轮的制造精度较低，即取齿间载荷分配系数 $K_\alpha = 1$ 齿向载荷分布系数 $K_\beta = 1.1 \sim 1.3$。

其他参数的意义及选取与直齿圆柱齿轮相同。

9.4.1.2.5　标准直齿锥齿轮齿面接触疲劳强度的计算公式

同样取有效宽度 $0.85b$，按齿宽中点的当量齿轮套用直齿圆柱齿轮可得接触疲劳强度计算公式。

1. 直齿锥齿轮的齿面接触疲劳强度计算公式

（1）齿面接触疲劳强度的验算公式

$$\sigma_H = Z_E Z_H Z_\varepsilon \sqrt{\frac{4.7KT_1}{\psi_R(1-0.5\psi_R)^2 d_1^3 u}} \leqslant [\sigma_H]$$

（2）齿面接触疲劳强度的设计公式

$$d_1 \geqslant \sqrt[3]{\frac{4.7KT_1}{\psi_R(1-0.5\psi_R)^2 u}\left(\frac{Z_E Z_H Z_\varepsilon}{[\sigma_H]}\right)^2}$$

2. 直齿锥齿轮齿面接触疲劳强度计算中参数的选择和注意问题

1）节点区域系数 Z_H。按 $\beta = 0°$，$\alpha_n = 20°$ 查图 9-59；

2）重合度系数 Z_ε。可套用直齿圆柱齿轮的公式，但按当量齿轮重合度 $\varepsilon_{\alpha v}$ 计算；弹性系数 Z_E，许用接触应力 $[\sigma_H]$，接触疲劳极限应力 σ_{Hlim} 与直齿圆柱齿轮相同。

9.4.1.2.6　标准直齿锥齿轮传动设计实例及分析

设计图 9-48 所示闭式直齿锥齿轮减速器的锥齿轮传动，该传动轴交角 90°；小齿轮悬臂支撑，大齿轮两端支撑，传递功率 $P = 7.5\text{kW}$，小齿轮转速 $n_1 = 960\text{r/min}$，传动比 $i = 2.5$，电动机驱动，单向运转，单班制工作，使用寿命 10 年。

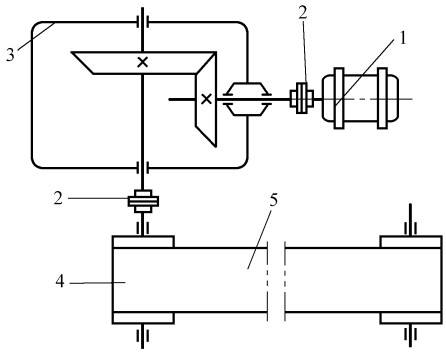


图 9-48　锥齿轮设计实例运动简图

1—电动机　2—联轴器　3—减速器

4—鼓轮　5—传送带

解：

1. 设计计算步骤

设计项目及依据和计算结果见表 9-123。

表9-123 设计项目及依据和计算结果

设计项目及依据	设计结果
1. 选择材料、齿数及精度等级 (1)材料 常用的齿轮材料是优质碳素钢、合金结构钢等,考虑是一般减速器,强度、速度和精度要求不高的一般机械传动,为了减少造价,因此选用软齿面 由于小齿轮轮齿工作次数较多,为使大小齿轮尽量等寿命,应使其小齿轮齿面硬度比大齿轮的高出30~50HBW,可通过采用不同种材料同一热处理方法,或采用同一种材料不同的热处理方法来达到硬度差。本题采用了前一种方法。参考表9-129:选择小齿轮材料为40Cr,调质处理,齿面硬度 $HBW_1=280HBW$;大齿轮选用45钢,调质处理,平均硬度为240HBW 两齿轮齿面硬度差 $HBW_1-HBW_2=280-240=40HBW$,在30~50HBW范围内 (2)初选齿数 对于闭式软齿面齿轮传动,主要失效形式是齿面疲劳点蚀,传动尺寸主要取决于齿面接触疲劳强度,而齿根弯曲疲劳强度往往比较富裕,这时,在传动尺寸不变并满足弯曲疲劳强度的条件下,应选小模数,多齿数,这样,有利于增大重合度,提高运动的平稳性,而且还会减小滑动系数,提高传动效率。模数小,齿槽小,全齿高小,切削量小,延长刀具的使用寿命,减少加工工时等,可参考圆柱齿轮图9-43,小齿轮的齿数 $z_1=20\sim40$,本题初选小齿轮齿数 $z_1=25$;大齿轮齿数 $z_2=uz_1=25\times2.5=62.5$,取 $z_2=63$ (3)精度等级 参考表9-150,考虑是一般减速器,取8级精度	小齿轮为40Cr调质,$HBW_1=280HBW$ 大齿轮为45调质,$HBW_2=240HBW$ $z_1=25$ $z_2=63$ 8级精度
2. 按齿面接触疲劳强度设计 代入公式:$d_1\geqslant\sqrt[3]{\dfrac{4.7KT_1}{\psi_R(1-0.5\psi_R)^2u}\left(\dfrac{Z_EZ_HZ_\varepsilon}{[\sigma_H]}\right)^2}$ (1)确定设计公式中各参数 1)初选载荷系数 $K_t=1.3$ 2)小齿轮传递的转矩 $T_1=9.55\times10^6P/n_1=9.55\times10^6\times7.5/960N\cdot mm=7.46\times10^4N\cdot mm$ 3)选取齿宽系数 ψ_R 查表9-125,因悬臂布置,因此取 $\psi_R=0.3$ 4)弹性系数 Z_E 查表9-128:$Z_E=189.8\sqrt{MPa}$ 5)小、大齿轮的接触疲劳极限 σ_{Hlim1}、σ_{Hlim2} 查图9-58c:$\sigma_{Hlim1}=750MPa$,$\sigma_{Hlim2}=580MPa$ 6)应力循环次数 $N_{L1}=60\gamma n_1t_h=60\times1\times960\times8\times300\times10=1.38\times10^9$ $N_{L2}=N_1/u=1.38\times10^9/2.5=5.52\times10^8$ 7)接触寿命系数 Z_{N1}、Z_{N2} 查图9-57:$Z_{N1}=0.91$,$Z_{N2}=0.96$ 8)计算许用接触应力 $[\sigma_{H1}]$、$[\sigma_{H2}]$ 按一般可靠度考虑,查表9-127:接触强度最小安全系数 $S_{Hmin}=1$ $[\sigma_{H1}]=\dfrac{\sigma_{Hlim1}Z_{N1}}{S_{Hmin}}=\dfrac{740\times0.91}{1}MPa=673MPa$ $[\sigma_{H2}]=\dfrac{\sigma_{Hlim2}Z_{N2}}{S_{Hmin}}=\dfrac{580\times0.96}{1}MPa=557MPa$ 9)计算端面重合度 ε_α 小齿轮的分锥角为:$\tan\delta_1=\dfrac{1}{u}=\dfrac{1}{2.5}$	$K_t=1.3$ $T_1=7.46\times10^4N\cdot mm$ $\psi_R=0.3$ $Z_E=189.8\sqrt{MPa}$ $\sigma_{Hlim1}=750MPa$ $\sigma_{Hlim2}=580MPa$ $N_{L1}=1.38\times10^9$ $N_{L2}=5.52\times10^8$ $Z_{N1}=0.91$ $Z_{N2}=0.96$ $S_{Hmin}=1$ $[\sigma_{H1}]=673MPa$ $[\sigma_{H2}]=557MPa$

（续）

设计项目及依据	设计结果
当量齿数：$z_{v1}=\frac{z_1}{\cos\delta_1}=\frac{25}{\cos\arctan(1/2.5)}=26.93$	$z_{v1}=26.93$
$z_{v2}=\frac{z_2}{\cos\delta_2}=\frac{63}{\cos\arctan 2.5}=67.85$	$z_{v2}=67.85$
$\varepsilon_\alpha=\left[1.88-3.2\left(\frac{1}{z_{v1}}+\frac{1}{z_{v2}}\right)\right]\cos\beta$	
$=\left[1.88-3.2\left(\frac{1}{26.93}+\frac{1}{67.85}\right)\right]\cos 0°=1.71$	
10）计算重合度系数 Z_ε	$Z_\varepsilon=0.87$
$Z_\varepsilon=\sqrt{\frac{4-\varepsilon_\alpha}{3}}=\sqrt{\frac{4-1.71}{3}}=0.87$	$Z_H=2.5$
注：作为锥齿轮，也可以忽略重合度的影响，直接取$Z_\varepsilon=1$，本例取 0.87	
11）节点区域系数 Z_H：查图 9-59：$Z_H=2.5$	
（2）设计计算	
1）试算小齿轮分度圆直径 d_{1t}	
为了安全起见，取大小齿轮许用值小的代入公式，即取：$[\sigma_H]=[\sigma_{H2}]=557\text{MPa}$	$d_1\geqslant 77.29\text{mm}$
$d_1\geqslant\sqrt[3]{\frac{4.7KT_1}{\psi_R(1-0.5\psi_R)^2u}\left(\frac{Z_EZ_HZ_\varepsilon}{[\sigma_{H2}]}\right)^2}$	
$=\sqrt[3]{\frac{4.7\times1.3\times7.46\times10^4}{0.3(1-0.5\times0.3)^2\times2.5}\left(\frac{189.8\times2.5\times0.87}{557}\right)^2}\text{mm}\geqslant 77.29\text{mm}$	$v=3.30\text{m/s}$
2）计算圆周速度 v	
$d_{m1}=(1-0.5\psi_R)d_1=(1-0.5\times0.3)\times77.29\text{mm}=65.70\text{mm}$	
$v=\frac{\pi d_{m1}n_1}{60\times1000}=\frac{\pi\times65.70\times960}{60\times1000}\text{m/s}=3.30\text{m/s}$	
因 $v<10\text{m/s}$，选 7 级精度合格	
3）计算载荷系数 K	$K=1.416$
查表 9-24 得使用系数 $K_A=1$；根据 $v=3.30\text{m/s}$，8 级精度查图 9-50 得动载系数 $K_v=1.18$；假设为单齿对啮合，通常取齿间载荷分配系数 $K_\alpha=1$；	
查图 9-51 齿向载荷分布系数：按悬臂布置，查曲线 4：$K_\beta=1.2$，则	
$K=K_AK_vK_\alpha K_\beta=1\times1.18\times1\times1.2=1.416$	$d_1=79.52\text{mm}$
4）校正分度圆直径 d_1：$d_1=d_{1t}\sqrt[3]{K/K_t}=77.29\times\sqrt[3]{1.416/1.3}\text{mm}=79.52\text{mm}$	
3. 主要几何尺寸计算	
1）计算大端模数 m	
$m=d_1/z_1=79.52/25\text{mm}=3.18\text{mm}$	$m=3\text{mm}$
查表 9-147：锥齿轮模数系列，取 $m=3\text{mm}$	
2）计算大端分度圆直径 d_1、d_2	
$d_1=mz_1=3\times25\text{mm}=75\text{mm}$	$d_1=75\text{mm}$
$d_2=mz_2=3\times63\text{mm}=189\text{mm}$	$d_2=189\text{mm}$
3）锥距 R	
查表 9-148：标准锥齿轮传动几何计算，代入公式：	
$R=\frac{m}{2}\sqrt{z_1^2+z_2^2}=\frac{3}{2}\sqrt{25^2+63^2}\text{mm}=101.67\text{mm}$	
4）小齿轮分锥角 δ_1	
$\delta_1=\arctan\frac{1}{u}=\arctan\frac{25}{63}=21.64°$	$\delta_1=21.64°$
5）全齿高 h	
查表 9-148：标准锥齿轮传动几何计算，代入公式：	
$h=h_a+h_f=m+1.2m=2.2m=2.2\times3\text{mm}=6.6\text{mm}$	$h=6.6\text{mm}$
注：此处锥齿轮齿根高 $h_f=1.2m$，而不是圆柱齿轮的 $h_f=1.25m$。	
6）大端顶圆直径 d_a	
$d_{a1}=d+2h_a\cos\delta_1=(75+2\times3\cos21.64)\text{mm}=80.58\text{mm}$	$d_{a1}=80.58\text{mm}$
$d_{a2}=d_2+2h_a\cos\delta_2=(189+2\times3\sin21.64)\text{mm}=191.21\text{mm}$	$d_{a2}=191.21\text{mm}$

（续）

设计项目及依据	设计结果
4. 校核齿根弯曲疲劳强度 $$\sigma_F=\frac{4.7KT_1}{\psi_R(1-0.5\psi_R)^2z_1^2m^3\sqrt{u^2+1}}Y_{Fa}Y_{Sa}Y_\varepsilon\leqslant[\sigma_F]$$ (1)确定验算公式中各参数 1)小、大齿轮的弯曲疲劳极限 σ_{Flim1}、σ_{Flim2} 查图 9-56c，$\sigma_{Flim1}=620\text{MPa}$，$\sigma_{Flim2}=450\text{MPa}$ 2)弯曲寿命系数 Y_{N1}、Y_{N2} 查图 9-54：$Y_{N1}=0.91$，$Y_{N2}=0.9$ 3)尺寸系数 Y_X 查图 9-55：因为模数 $m=3\text{mm}$，$Y_X=1$ 4)计算许用弯曲应力 $[\sigma_{F1}]$、$[\sigma_{F2}]$ 查表 9-127：最小安全系数 $S_{Fmin}=1.25$ 许用弯曲应力公式：$[\sigma_F]=\frac{\sigma_{Flim}Y_{N1}Y_X}{S_{Fmin}}$，大小齿轮许用弯曲应力不同， 因此需要分别求出：$[\sigma_{F1}]=\frac{\sigma_{Flim1}Y_{N1}Y_X}{S_{Fmin}}=\frac{620\times0.91\times1}{1.25}\text{MPa}=451\text{MPa}$ $$[\sigma_{F2}]=\frac{\sigma_{Flim2}Y_{N2}Y_X}{S_{Fmin}}=\frac{450\times0.9\times1}{1.25}\text{MPa}=324\text{MPa}$$ 5)重合度系数 Y_ε $$Y_\varepsilon=0.25+\frac{0.75}{\varepsilon_\alpha}=0.25+\frac{0.75}{1.71}=0.69$$ 6)齿形系数 Y_{Fa1}、Y_{Fa2} 按当量齿数 $z_{v1}=26.93$、$z_{v2}=67.85$，查图 9-60： $Y_{Fa1}=2.7$；$Y_{Fa2}=2.21$ 7)应力修正系数 Y_{Sa1}、Y_{Sa2} 按当量齿数 $z_{v1}=26.93$、$z_{v2}=67.85$，查图 9-61： $Y_{Sa1}=1.67$；$Y_{Sa2}=1.86$ (2)校核计算 大小齿轮所受的弯曲应力不同，因此需要分别求出： $$\sigma_{F1}=\frac{4.7KT_1}{\psi_R(1-0.5\psi_R)^2z_1^2m^3\sqrt{u^2+1}}Y_{Fa1}Y_{Sa1}Y_\varepsilon$$ $$=\frac{4.7\times1.416\times7.46\times10^4}{0.3(1-0.5\times0.3)^2\times25^2\times3^3\times\sqrt{\left(\frac{63}{25}\right)^2+1}}\times2.7\times1.67\times0.69\text{MPa}$$ $=155.78\text{MPa}$ 而许用应力 $[\sigma_{F1}]=451\text{MPa}$，所以 $\sigma_{F1}=155.77\text{MPa}<[\sigma_{F1}]=451\text{MPa}$ $$\sigma_{F2}=\sigma_{F1}\frac{Y_{Fa2}Y_{Sa2}}{Y_{Fa1}Y_{Sa1}}=155.77\times\frac{2.21\times1.86}{2.7\times1.67}\text{MPa}=142.01\text{MPa}$$ 而许用应力 $[\sigma_{F2}]=324\text{MPa}$，所以 $\sigma_{F2}=142.01\text{MPa}<[\sigma_{F2}]=324\text{MPa}$	$\sigma_{Flim1}=620\text{MPa}$ $\sigma_{Flim2}=450\text{MPa}$ $Y_{N1}=0.91$ $Y_{N2}=0.9$ $Y_X=1$ $S_{Fmin}=1.25$ $[\sigma_{F1}]=451\text{MPa}$ $[\sigma_{F2}]=324\text{MPa}$ $Y_\varepsilon=0.69$ $Y_{Fa1}=2.7$ $Y_{Fa2}=2.21$ $Y_{Sa1}=1.67$ $Y_{Sa2}=1.86$ $\sigma_{F1}=155.77\text{MPa}<[\sigma_{F1}]$ $\sigma_{F2}=142.01\text{MPa}<[\sigma_{F2}]$ 弯曲强度满足要求
5. 静强度校核 传动平稳，无严重过载，故不需静强度校核	

2. 结构设计

强度计算只是计算出齿轮的主要几何尺寸：齿顶圆直径、分度圆直径、齿根圆直径、齿宽，其他尺寸的确定和齿轮采用何种结构是齿轮结构设计的内容。结构设计根据经验设计，表 9-149 给出了常见锥齿轮结构形式及尺寸计算的经验公式，考虑方便加工及测量，经验公式计算的数据必须圆整为整数。如果有实际设计经验，也可自行设计，表 9-149 给出的锥齿轮结构形式及尺寸计算的经验公式仅供参考。

（1）小齿轮结构设计

参考表9-149：因小齿轮的分度圆直径 $d_{a1}=80.58\text{mm}$，小于160mm，应采用实心轮。但本例因没有设计轴，不知是否为齿轮轴，结构设计略。

（2）大齿轮结构设计

参考表9-149：因齿顶圆直径 $d_{a2}=191.21\text{mm}$，大于160mm，但小于500mm，故选用辐板（孔板）式结构。再根据表9-149的图可以计算相关的结构尺寸：

内孔本应由轴的强度计算及结构设计后再确定，本题因没进行轴的设计，此处假定为 $\phi45$ mm，由表9-149的经验公式计算其他尺寸。

$D_3=1.6\times45\text{mm}=72\text{mm}$，取 $d_3=75\text{mm}$；$l\approx(1\sim1.2)D_4\approx1.1\times45\text{mm}=49.5\text{mm}$，取 $l=50\text{mm}$；

$\delta_1=21.64°$，$\delta_2=90°-21.64°=68.36°=68°21'36''$

取 $D_0=110\text{mm}$，工艺孔取4个，$\phi25\text{mm}$。

倒角取1.5mm。

3. 零件工作图绘制

大齿轮零件工作图的绘制包括以下主要内容：

（1）视图

因为齿轮属于盘类零件，与带轮、链轮、蜗轮等零件相同，视图选择只需两视图即可表达清楚，零件图按国家标准《机械制图》的规定画出。如果是齿轮轴，则与轴类零件图相似，为了表达齿形的有关特性及参数必要时应画出局部剖视图。

（2）标注尺寸

各径向尺寸以齿轮孔中心线为基准（齿轮轴则以轴心线为基准），齿宽方向以端面为基准标注尺寸。分度圆直径为设计的基本尺寸，应标注出准确值（至少精确到小数点后面2位），顶圆直径、全齿高是加工的主要尺寸，也应标注出准确值，至少精确到小数点后面2位。根圆直径不标注（给出全齿高或齿顶高系数后加工时自然形成），如果标注则说明有特殊要求。

（3）标出尺寸及公差

1）齿轮的轴孔。齿轮的轴孔是加工、测量和装配的重要基准，尺寸精度要求较高，应根据装配图上标定的配合性质和公差精度等级进行标注。本例是一般减速器，采用平键连接，因此轴孔配合常用基孔制、过渡配合，本例采用 $\phi45\dfrac{\text{H7}}{\text{k6}}$。因此齿轮零件圆孔的公差按H7查第4章公差与配合第4.1节相关标准，标出其极限偏差值为 $\phi45^{+0.025}_{0}$，见图9-49大锥齿轮零件工作图的标注。

2）齿顶圆尺寸偏差

查9-159：齿顶圆直径公差上偏差为0，下偏差为－IT8。查第4章公差与配合第4.1节：$d_{a2}=191.21\text{mm}$ 时 $\text{IT8}=0.072\text{mm}$。标注为 $\phi191.21^{0}_{-0.072}$，见大锥齿轮零件工作图9-49。

3）轮毂槽

轮毂槽宽度尺寸 b、$(d+t_1)$ 以及它们的极限偏差值参考第8章键连接第8.2节，普通平键（GB/T 1095—2003、GB/T 1096—2003）：轴孔直径为 $\phi45$mm 时，键宽（即轮毂槽宽）$b=14\text{mm}$，轮毂槽宽度公差按正常连接，毂槽为JS9，即 $14\pm0.021\text{mm}$；毂槽深 $t_1=3.8\text{mm}$，

因此（$d+t_1$）$=45+3.8=48.8$mm。公差值按毂槽深 t_1 公差值 $^{+0.2}_{0}$ 标注，即$48.8^{+0.2}_{0}$，见大锥齿轮零件工作图9-49。

（4）标出几何公差

轮坯的几何公差对齿轮类零件的传动精度要求有很大影响，故需按工作要求标注出必要的项目。轮坯几何公差的主要包括：

1）齿轮齿顶圆的径向圆跳动公差

参考表9-143：根据8级精度以及分度圆直径 $d_{a2}=191.21$mm，因此齿坯径向跳动公差值为0.022mm。标注见图9-49大锥齿轮零件图。

2）齿轮端面的端面圆跳动公差

参考表9-143：根据8级精度以及分度圆直径 $d_2=189$mm，因此齿坯端面跳动公差值为0.022mm，标注见图9-49大锥齿轮零件图。

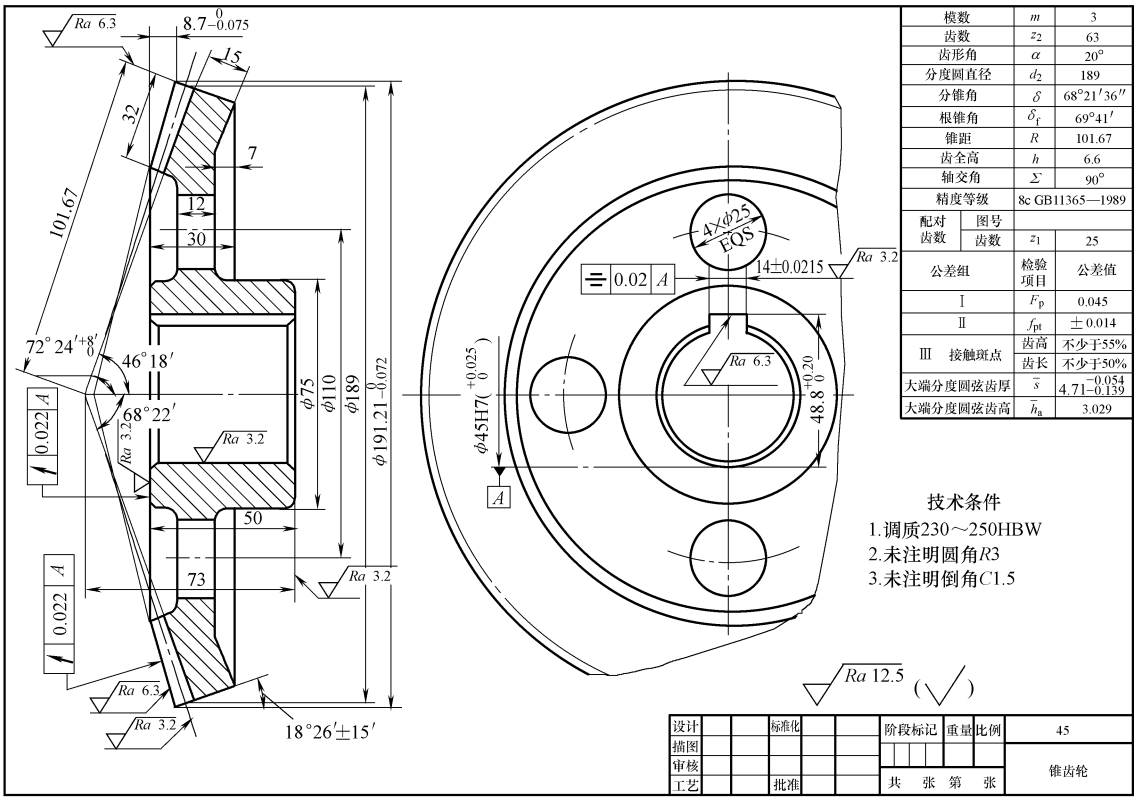
3）轮毂槽的对称度公差

参考文献［2］附录C表C.12：根据轮毂槽宽为14mm及8级精度齿轮可查得对称度公差为0.02mm，标注见图9-49大锥齿轮零件图。

（5）标出表面粗糙度

圆柱齿轮各表面粗糙度值根据其功能并结合加工方法确定，可参考文献［2］附录C表C.22～23：标注见图9-49大锥齿轮零件图。

（6）编写啮合特性表



模数	m	3
齿数	z_2	63
齿形角	α	20°
分度圆直径	d_2	189
分锥角	δ	68°21′36″
根锥角	δ_f	69°41′
锥距	R	101.67
齿全高	h	6.6
轴交角	Σ	90°
精度等级	8c GB11365—1989	
配对齿数　图号		
配对齿数　齿数	z_1	25
公差组	检验项目	公差值
Ⅰ	F_p	0.045
Ⅱ	f_{pt}	±0.014
Ⅲ　接触斑点　齿高		不少于55%
Ⅲ　接触斑点　齿长		不少于50%
大端分度圆弦齿厚	$\bar{s}$	$4.71^{-0.054}_{-0.139}$
大端分度圆弦齿高	$\bar{h}_a$	3.029

图9-49　大锥齿轮零件工作图

啮合特性表是齿轮零件工作图不可缺少的内容，包括加工齿轮和检测齿轮所必需的参数，主要包括：

1）加工齿轮的基本参数

模数 $m(m_n)$、齿数 z、压力角 α 、齿顶高系数 h_a、变位系数 x。

2）检测齿轮的主要参数

精度等级（运动精度、工作平稳性精度、接触精度）、齿轮和齿轮传动检验项目、齿轮副的侧隙及齿厚极限偏差等检验项目参考表 9-152 ~ 表 9-165。

（7）编写技术要求：即图中没表现出来，而加工时必需的项目，例如：

1）对材料表面性能的要求，如热处理方法，热处理后应达到的硬度值。

2）对图中未标明的圆角、倒角尺寸及其他特殊要求的说明等。

（8）画出齿轮工作图标题栏：主要内容包括：名称、比例、材料、图号、日期、设计人、审阅人等。

大锥齿轮零件图见图 9-49。

9.4.2　设计标准及规范

9.4.2.1　圆柱齿轮常用设计参数（见图 9-50 ~ 图 9-59，表 9-124 ~ 表 9-128）

表 9-124　使用系数 K_A

原动机	工作机的载荷特性			
	均匀平稳	轻微冲击	中等冲击	严重冲击
电　动　机	1.00	1.25	1.50	1.75
多缸内燃机	1.10	1.35	1.60	1.85
单缸内燃机	1.25	1.50	1.75	2.0

注：对于增速传动可取表中值的 1.1 倍；当外部机械与齿轮装置之间挠性连接时，其值可适当降低。

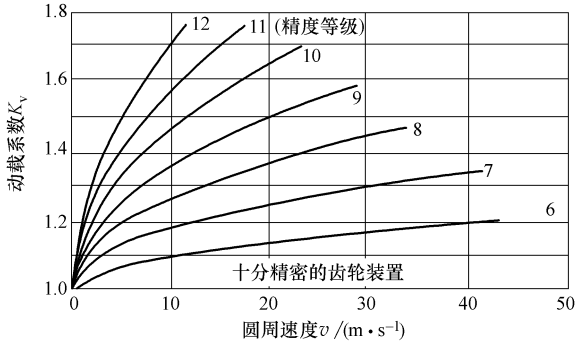


图 9-50　动载系数 K_v

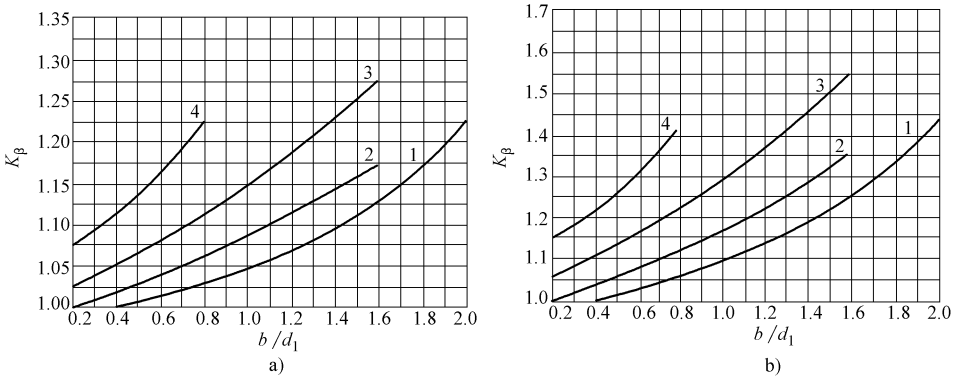
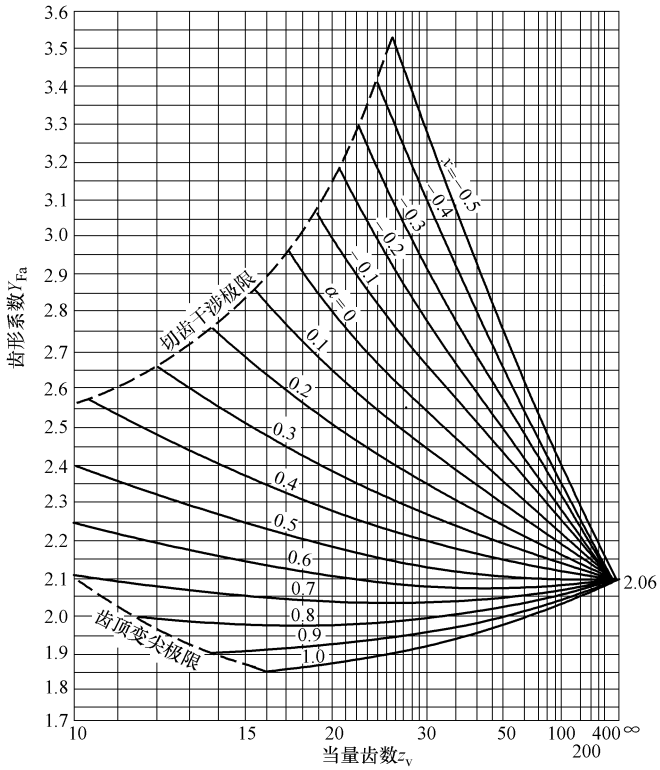


图 9-51　齿向载荷分布系数 K_β

a）两齿轮都是软齿面（齿面硬度≤350HBW）或其中之一是软齿面　b）两齿轮都为硬齿面（齿面硬度 >350HBW）

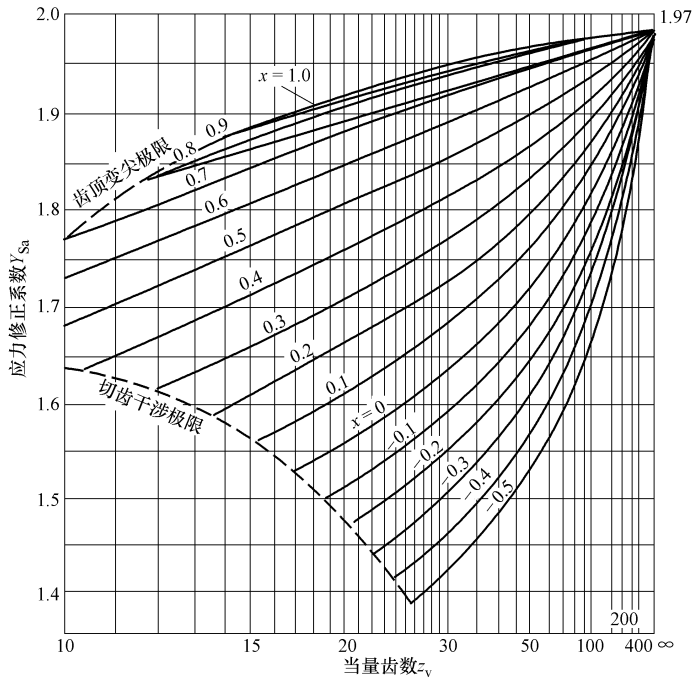
1—齿轮在两轴承间对称布置　2—齿轮在两轴承间非对称布置，轴的刚度较大

3—齿轮在两轴承间非对称布置，轴的刚度较小　4——齿轮悬臂布置



$\alpha_n=20°$，$h_{an}=1m_n$，$c_n=0.25m_n$，$\rho_f=0.38m_n$；对于内齿轮，可取 $Y_{Fa}=2.053$

图 9-52　外齿轮齿形系数



$\alpha_n=20°$，$h_{an}=1m_n$，$c_n=0.25m_n$，$\rho_f=0.38m_n$；对于内齿轮，可取 $Y_{Sa}=2.65$

图 9-53　外齿轮应力修正系数

表 9-125　齿宽系数 ψ_d

齿轮相对轴承的位置	齿面硬度	
	软齿面	硬齿面
对称分布	0.8～1.4	0.4～0.9
非对称分布	0.6～1.2	0.3～0.6
悬臂布置	0.3～0.4	0.2～0.25

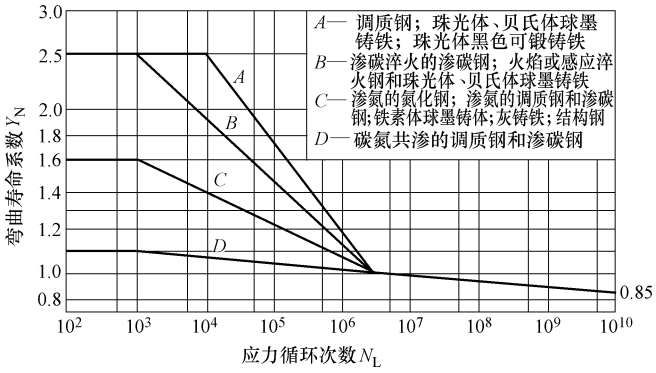


图 9-54　弯曲强度的寿命系数 Y_N

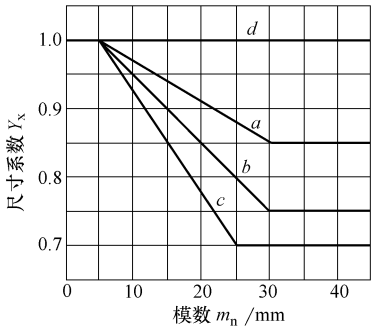


图 9-55　弯曲强度的尺寸系数 Y_X

表 9-126　圆柱齿轮常用模数系列　　(mm)

第一系列	1　1.25　1.5　2　2.5　3　4　5　6　8　10　12　16　20　25　32　40　50
第二系列	1.75　2.25　2.75　(3.25)　3.5　(3.75)　4.5　5.5　(6.5)　7　9(11)　14　18　22　28　36　45

注：1. 本表适用于渐开线圆柱齿轮，对斜齿轮是指法向模数。

2. 选用模数时，应优先选用第一系列，其次是第二系列，括号内的模数值尽可能不用。

表 9-127　最小安全系数参考值

使　用　要　求	S_{Fmin}	S_{Hmin}
高可靠度(失效率不大于 1/10000)	2.00	1.50～1.60
较高可靠度(失效率不大于 1/1000)	1.60	1.25～1.30
一般可靠度(失效率不大于 1/100)	1.25	1.00～1.10
低可靠度(失效率不大于 1/10)	1.00	0.85

注：在经过使用验证或材料强度、载荷工况及制造精度拥有较准确的数据时，S_{Hmin} 可取下限。

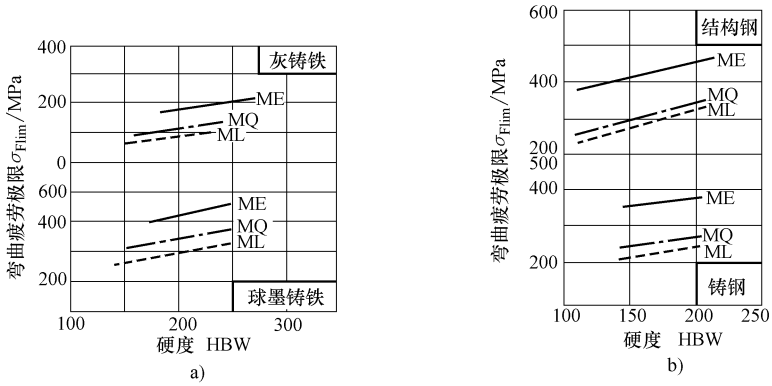


图 9-56　试验齿轮的弯曲疲劳极限 σ_{Flim}

a) 铸铁　b) 正火处理的结构钢和铸钢

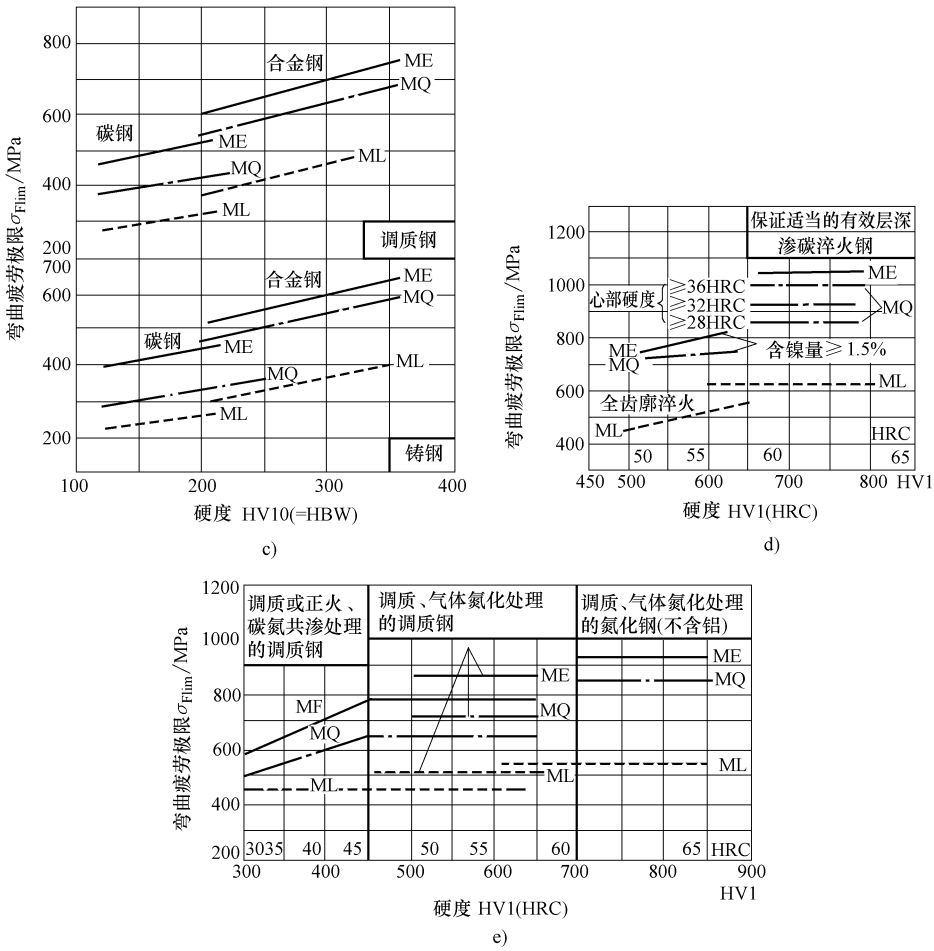


图 9-56 试验齿轮的弯曲疲劳极限 σ_{Flim}（续）

c）调质处理的碳钢、合金钢及铸钢 d）渗碳淬火钢和表面硬化（火焰或感应淬火）钢 e）氮化钢和碳氮共渗钢

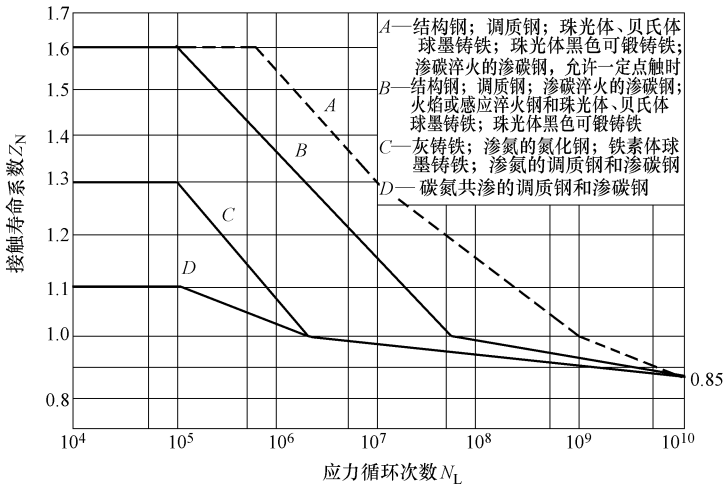


图 9-57 接触寿命系数 Z_N

表 9-128　材料的弹性系数 Z_E　　（$\sqrt{MPa}$）

小齿轮材料		大齿轮材料			
		钢	铸钢	球墨铸铁	灰铸铁
	E/MPa	206000	202000	173000	126000
钢	206000	189.8	188.9	181.4	165.4
铸钢	202000	—	188.0	180.5	161.4
球墨铸铁	173000	—	—	173.9	156.6
灰铸铁	126000	—	—	—	146.0

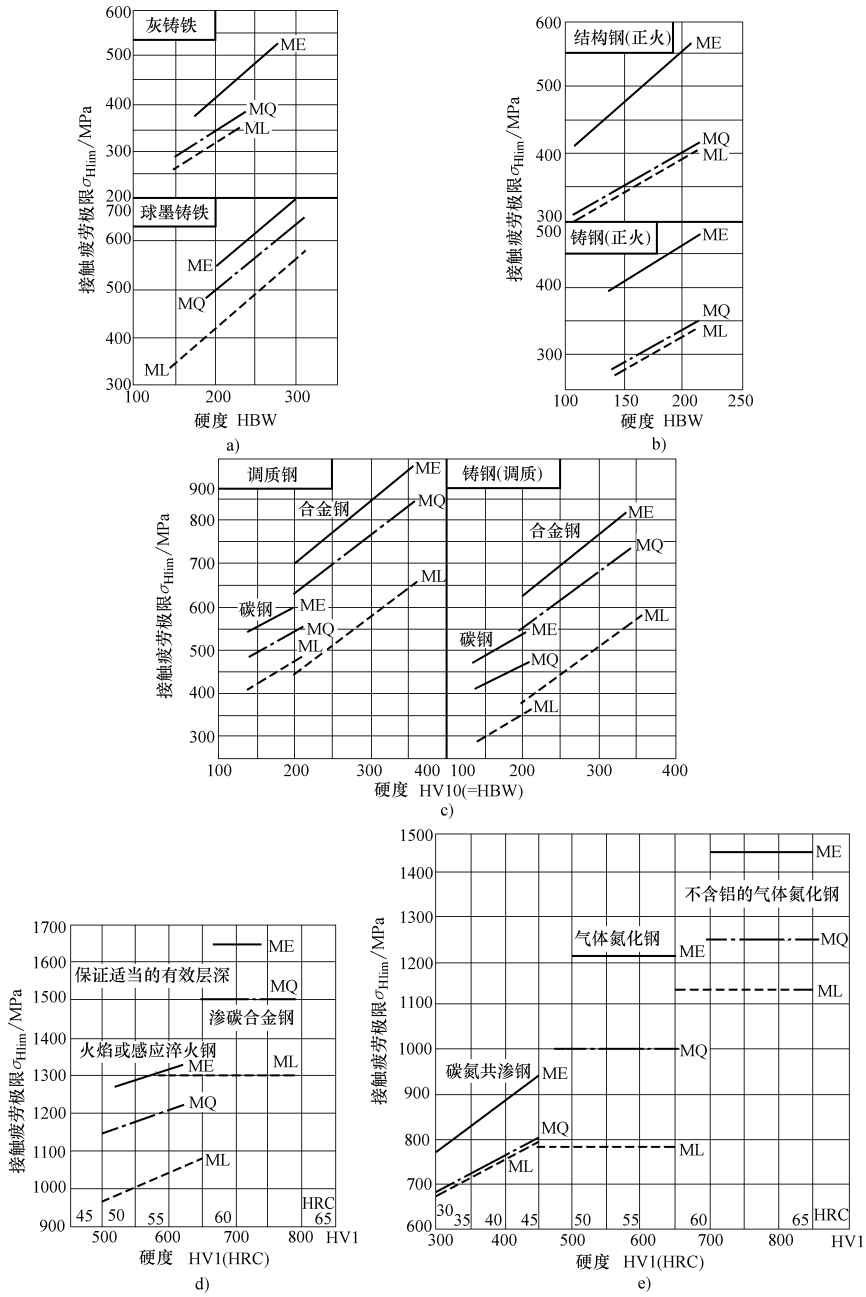


图 9-58　试验齿轮的接触疲劳极限 σ_{Hlim}

a）铸铁　b）正火处理后结构钢和铸钢　c）调质处理的碳钢、合金钢及铸钢
d）渗碳淬火钢和表面硬化（火焰或感应淬火）钢　e）氮化钢和碳氮共渗钢

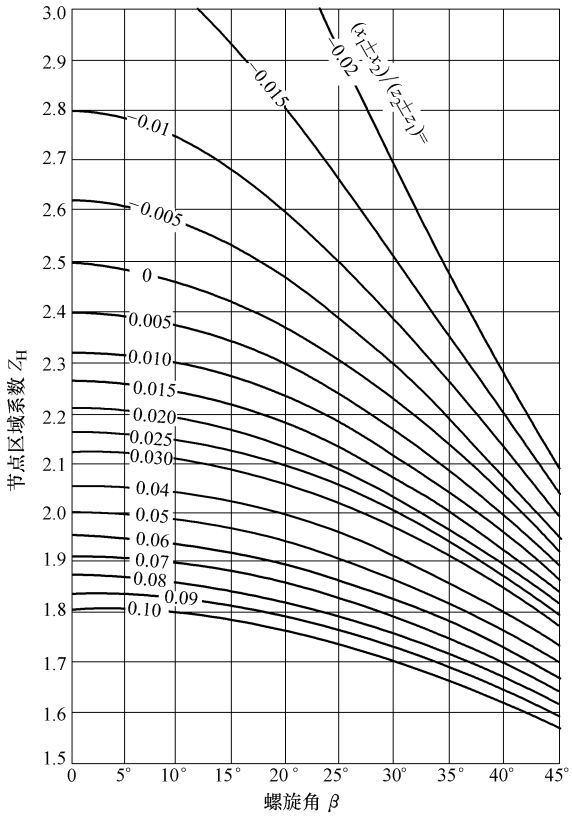


图 9-59　节点区域系数 Z_H

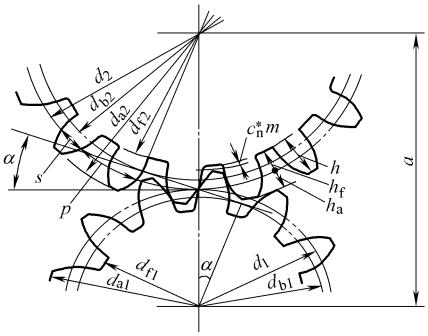
9.4.2.2　常用齿轮材料及热处理（见表 9-129）

表 9-129　常用的齿轮材料及热处理

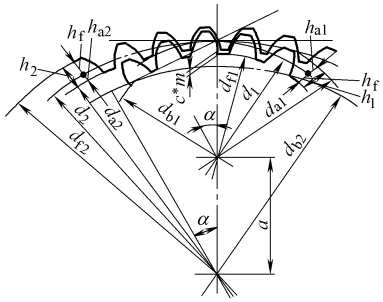
类　别	牌　号	热 处 理	硬　度
优质碳素钢	45	正火	162～217HBW
		调质	217～255HBW
		表面淬火	45～50HRC
合金结构钢	40Cr	调质	241～286HBW
		表面淬火	48～55HRC
	35SiMn	调质	217～269HBW
		表面淬火	40～45HRC
	40MnB	调质	241～286HBW
	20Cr	渗碳淬火回火	56～62HRC
	20CrMnTi	渗碳淬火回火	56～62HRC
	38CrMoAlA	调质后渗氮	>850HV
铸　钢	ZG310-570	正火	160～200HBW
	ZG340-640	正火	180～220HBW
	ZG35SiMn	正火	160～220HBW
		调质	200～250HBW
灰 铸 铁	FT200		170～230HBW
	FT300		187～255HBW
球墨铸铁	QT500-5		147～241HBW
	QT600-2		229～302HBW

9.4.2.3　标准圆柱齿轮传动的几何尺寸计算（见表 9-130）

表 9-130　标准圆柱齿轮传动的几何尺寸计算公式



a) 外啮合



b) 内啮合

项　　目		计算公式及说明	
		直齿轮(外啮合、内啮合)	斜齿轮(外啮合、内啮合)
分度圆直径 d		$d_1 = mz_1$ $d_2 = mz_2$	$d_1 = m_1 z_1 = \frac{m_n z_1}{\cos\beta}$ $d_2 = m_2 z_2 = \frac{m_n z_2}{\cos\beta}$
齿顶高 h_a	外啮合	$h_a = h_a^* m$	$h_a = h_{an}^* m_n$
	内啮合	$h_{a1} = h_a^* m$ $h_{a2} = (h_a^* - \Delta h_a^*) m$ 式中，$\Delta h_a^* = \frac{(h_a^*)^2}{z_2 \tan^2\alpha}$是为避免过渡曲线干涉而将齿顶高系数减小的量。当 $h_a^* = 1$、$\alpha = 20°$时，$\Delta h_a^* = \frac{7.55}{z_2}$	$h_{a1} = h_{an}^* m_n$ $h_{a2} = (h_{an}^* - \Delta h_{an}^*) m_n$ 式中，$\Delta h_{an}^* = \frac{(h_{an}^*)^2 \cos^3\beta}{z_2 \tan^2\alpha_n}$是为避免过渡曲线干涉而将齿顶高系数减小的量。当 $h_{an}^* = 1$、$\alpha_n = 20°$时，$\Delta h_{an}^* = \frac{7.55\cos^2\beta}{z_2}$
齿根高 h_f		$h_f = (h_a^* + c^*) m$	$h_f = (h_{an}^* + c_n^*) m_n$
齿高 h	外啮合	$h = h_a + h_f$	$h = h_a + h_f$
	内啮合	$h_1 = h_{a1} + h_f$ $h_2 = h_{a2} + h_f$	$h_1 = h_{a1} + h_f$ $h_2 = h_{a2} + h_f$
齿顶圆直径 d_a	外啮合	$d_{a1} = d_1 + 2h_a$ $d_{a2} = d_2 + 2h_a$	$d_{a1} = d_1 + 2h_a$ $d_{a2} = d_2 + 2h_a$
	内啮合	$d_{a1} = d_1 + 2h_{a1}$ $d_{a2} = d_2 - 2h_{a1}$	$d_{a1} = d_1 + 2h_{a1}$ $d_{a2} = d_2 - 2h_{a1}$
齿根圆直径 d_f		$d_{f1} = d_1 - 2h_f$ $d_{f2} = d_2 \mp 2h_f$	$d_{f1} = d_1 - 2h_f$ $d_{f2} = d_2 \mp 2h_f$
中心距 a		$a = \frac{1}{2}(d_2 \pm d_1) = \frac{m}{2}(z_2 \pm z_1)$	$a = \frac{1}{2}(d_2 \pm d_1) = \frac{m_n}{2\cos\beta}(z_2 \pm z_1)$
		一般希望 a 为圆整的数值	
基圆直径 d_b		$d_{b1} = d_1 \cos\alpha$ $d_{b2} = d_2 \cos\alpha$	$d_{b1} = d_1 \cos\alpha_1$ $d_{b2} = d_2 \cos\alpha_1$
齿顶圆压力角 α_a		$\alpha_{a1} = \arccos\frac{d_{b1}}{d_{a1}}$ $\alpha_{a2} = \arccos\frac{d_{b2}}{d_{a2}}$	$\alpha_{at1} = \arccos\frac{d_{b1}}{d_{a1}}$ $\alpha_{at2} = \arccos\frac{d_{b2}}{d_{a2}}$

（续）

项　　目		计算公式及说明	
		直齿轮(外啮合、内啮合)	斜齿轮(外啮合、内啮合)
重合度	端面重合度 ε_α	$\varepsilon_\alpha=\left[1.88-3.2\left(\frac{1}{z_1}\pm\frac{1}{z_2}\right)\right]$	$\varepsilon_{\alpha v}=\left[1.88-3.2\left(\frac{1}{z_{v1}}\pm\frac{1}{z_{v2}}\right)\right]\cos\beta$
	纵向重合度 ε_β	$\varepsilon_\beta=0$	$\varepsilon_\beta=\frac{b\sin\beta}{\pi m_n}$
	总重合度 ε_γ	$\varepsilon_\gamma=\varepsilon_\alpha$	$\varepsilon_\gamma=\varepsilon_\alpha+\varepsilon_\beta$
当量齿数 z_v		—	$z_{v1}=\frac{z_1}{\cos^2\beta_b\cos\beta}\approx\frac{z_1}{\cos^3\beta}$ $z_{v2}=\frac{z_2}{\cos^2\beta_b\cos\beta}\approx\frac{z_2}{\cos^3\beta}$

注：有“±”或“∓”号处，上面的符号用于外啮合，下面的符号用于内啮合。

9.4.2.4　渐开线圆柱齿轮传动的精度（见表9-131～表9-144）

表9-131　渐开线齿轮传动精度及选用

精度等级	齿轮用途	齿轮圆周速度/(m·s⁻¹)		工作条件
		直齿轮	斜齿轮	
0级、1级、2级(展望级)				
3级(极精密级)	测量齿轮	到40	到75	要求特别精密的或在最平衡且无噪声的特别高速下工作的齿轮传动；特别精密机械中的齿轮；特别高速传动(透平齿轮)；检测5～6级齿轮用的测量齿轮
4级(特别精密级)	测量齿轮、汽轮机械减速器	到35	到70	特别精密分度机构中或在最平稳、且无噪声的极高速下工作的齿轮传动；特别精密分度机构中的齿轮；高速透平传动；检测7级齿轮用的测量齿轮
5级(高精密级)	测量齿轮、汽轮机械减速器、航空发动机、金属切削机床	到20	到40	精密分度机构中或要求极平稳且无噪声的高速工作的齿轮传动；精密机构用齿轮；透平齿轮；检测8级和9级齿轮用测量齿轮
6级(高精密级)	测量齿轮、汽轮机械减速器、航空发动机、金属切削机床	到16	到30	要求最高效率且无噪声的调整下平稳工作的齿轮传动或分度机构的齿轮传动；特别重要的航空、汽车齿轮，读数装置用特别精密传动的齿轮
7级(精密级)	测量齿轮、汽轮机械减速器、航空发动机、金属切削机床、轻型汽车、机车	到10	到15	增速和减速用齿轮传动；金属切削机床送刀机构用齿轮；高速减速器用齿轮；航空、汽车用齿轮；读数装置用齿轮
8级(中度精密级)	测量齿轮、汽轮机械减速器、航空发动机、金属切削机床、轻型汽车、机车、载重汽车、一般减速器、拖拉机、轧钢机、起重机	到6	到10	无须特别精密的一般机械制造用齿轮；包括在分度链中的机床传动齿轮；飞机、汽车制造业中的不重要齿轮；起重机构用齿轮；农业机械中的重要齿轮，通用减速器齿轮
9级(较低精度级)	测量齿轮、汽轮机械减速器、航空发动机、金属切削机床、轻型汽车、机车、载重汽车、一般减速器、拖拉机、轧钢机、起重机、矿山绞车、农业机械	到2	到4	用于粗糙工作的齿轮
10级(低精度级)	测量齿轮、汽轮机械减速器、航空发动机、金属切削机床、轻型汽车、机车、载重汽车、一般减速器、拖拉机、轧钢机、起重机、矿山绞车、农业机械	小于2	小于4	
11级(低精度级)	测量齿轮、汽轮机械减速器、航空发动机、金属切削机床、轻型汽车、机车、载重汽车、一般减速器、拖拉机、轧钢机、起重机、矿山绞车、农业机械			
12级(低精度级)	测量齿轮、汽轮机械减速器、航空发动机、金属切削机床、轻型汽车、机车、载重汽车、一般减速器、拖拉机、轧钢机、起重机、矿山绞车、农业机械			

注：圆周速度指齿轮节圆的圆周速度。

表 9-132 推荐的齿轮检验组

检验组	检验项目	适用等级	测 量 仪 器
1	F_p、F_α、F_β、F_r、E_{an}或 E_{bn}	3～9	齿距仪、齿形仪、齿向仪、摆差测定仪,齿厚卡尺或公法线千分尺
2	F_p 与 F_{pK}、F_α、F_β、F_r、E_{an}或 E_{bn}	3～9	齿距仪、齿形仪、齿向仪、摆差测定仪,齿厚卡尺或公法线千分尺
3	F_p、F_{pt}、F_α、F_β、F_r、E_{an}或 E_{bn}	3～9	齿距仪、齿形仪、齿向仪、摆差测定仪,齿厚卡尺或公法线千分尺
4	F_i''、f_i'',E_{an}或 E_{bn}	6～9	双面啮合测量仪,齿厚卡尺或公法线千分尺
5	f_{pt}、F_r、E_{an}或 E_{bn}	10～12	齿距仪、摆差测定仪,齿厚卡尺或公法线千分尺
6	F_i''、f_i'',F_β,E_{an}或 E_{bn}	3～6	单啮仪、齿向仪,齿厚卡尺或公法线千分尺

表 9-133 F_β、$f_{f\beta}$和 $\pm f_{H\beta}$偏差允许值（摘自 GB/T 10095.1—2008） （μm）

分度圆直径 d/mm		偏差项目 / 精度等级 / 齿宽 b/mm		螺旋线总公差 F_β				螺旋线形状公差 $f_{f\beta}$ 和螺旋线倾斜极限偏差 $\pm f_{H\beta}$			
大于	至	大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8
5	20	4	10	6.0	8.5	12	17	4.4	6.0	8.5	12
		10	20	7.0	9.5	14	19	4.9	7.0	10	14
20	5	4	10	6.5	9.0	13	18	4.5	6.5	9.0	13
		10	20	7.0	10	14	20	5.0	7.0	10	14
		20	40	8.0	11	16	23	6.0	8.0	12	16
50	125	4	10	6.5	9.5	13	19	4.8	6.5	9.5	13
		10	20	7.5	11	15	21	5.5	7.5	11	15
		20	40	8.5	12	17	24	6.0	8.5	12	17
		40	80	10	14	20	28	7.0	10	14	20
125	280	4	10	7.0	10	14	20	5.0	7.0	10	14
		10	20	8.0	11	16	22	5.5	8.0	11	16
		20	40	9.0	13	18	25	6.5	9.0	13	18
		40	80	10	15	21	29	7.5	10	15	21
		80	160	12	17	25	35	8.5	12	17	25
280	560	10	20	8.5	12	17	24	6.0	8.5	12	17
		20	40	9.5	13	19	27	7.0	9.5	14	19
		40	80	11	15	22	31	8.0	11	16	22
		80	160	13	18	26	36	9.0	13	18	26
		160	250	15	21	30	43	11	15	22	30

表 9-135　F''和f_i''公差值（摘自 GB/T 10095.1—2008）　　（μm）

分度圆直径 d/mm		公差项目 / 精度等级 / 模数m_n/mm		径向综合总偏差 F_i''				一齿径向综合公差 f_i''			
大于	至	大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8
5	20	0.2	0.5	11	15	21	30	2.0	2.5	3.5	5.0
		0.5	0.8	12	16	23	33	2.5	4.0	5.5	7.5
		0.8	1.0	12	18	25	35	3.5	5.0	7.0	10
		1.0	1.5	14	19	27	38	4.5	6.5	9.0	13
20	50	0.2	0.5	13	19	26	37	2.0	2.5	3.5	5.0
		0.5	0.8	14	20	28	40	2.5	4.0	5.5	7.5
		0.8	1.0	15	21	30	42	3.5	5.0	7.0	10
		1.0	1.5	16	23	32	45	4.5	6.5	9.0	13
		1.5	2.5	18	26	37	52	6.5	9.5	13	19
50	125	1.0	1.5	19	27	39	55	4.5	6.5	9.0	13
		1.5	2.5	22	31	43	61	6.5	13	44	
		2.5	4.0	25	36	51	72	10	14	20	29
		4.0	6.0	31	44	62	88	15	22	31	44
		6.0	10	40	57	80	114	24	34	48	67
125	280	1.0	1.5	24	34	48	68	4.5	6.5	9.0	13
		1.5	2.5	26	37	53	75	6.5	9.5	13	19
		2.5	4.0	30	43	61	86	10	15	21	29
		4.0	6.0	36	51	72	102	15	22	31	44
		6.0	10	45	64	90	127	24	34	48	67
280	560	1.0	1.5	30	43	61	86	4.5	6.5	9.0	13
		1.5	2.5	33	46	65	92	6.5	9.5	13	19
		2.5	4.0	37	52	73	104	10	15	21	29
		4.0	6.0	42	60	84	119	15	22	31	44
		6.0	10	51	73	103	145	24	34	48	68

表 9-136　标准齿轮分度圆弦齿厚和弦齿高（$m=m_n=1$，$\alpha=\alpha_n=20°$，$h_a^*=h_{an}^*=1$）　　（mm）

齿数 z	分度圆弦齿厚 $\bar{s}^*$	分度圆弦齿高 $\bar{h}_n^*$	齿数 z	分度圆弦齿厚 $\bar{s}^*$	分度圆弦齿高 $\bar{h}_n^*$	齿数 z	分度圆弦齿厚 $\bar{s}^*$	分度圆弦齿高 $\bar{h}_n^*$	齿数 z	分度圆弦齿厚 $\bar{s}^*$	分度圆弦齿高 $\bar{h}_n^*$
6	1.5529	1.1022	21	1.5694	1.0294	36	1.5703	1.0171	51	1.5706	1.0121
7	1.5576	1.0873	22	1.5695	1.0281	37	1.5703	1.0167	52	1.5706	1.0119
8	1.5607	1.0769	23	1.5696	1.0268	38	1.5703	1.0162	53	1.5706	1.0117
9	1.5628	1.0684	24	1.5697	1.0257	39	1.5703	1.0158	54	1.5706	1.0114
10	1.5643	1.0616	25	1.5698	1.0247	40	1.5704	1.0154	55	1.5706	1.0112
11	1.5654	1.0559	26	1.5698	1.0237	41	1.5704	1.0150	56	1.5706	1.0110
12	1.5663	1.0514	27	1.5699	1.0228	42	1.5704	1.0147	57	1.5706	1.0108
13	1.5670	1.0474	28	1.5700	1.0220	43	1.5705	1.0143	58	1.5706	1.0106
14	1.5675	1.0440	29	1.5700	1.0213	44	1.5705	1.0140	59	1.5706	1.0105
15	1.5679	1.0411	30	1.5701	1.0205	45	1.5705	1.0137	60	1.5706	1.0102
16	1.5683	1.0385	31	1.5701	1.0199	46	1.5705	1.0134	61	1.5706	1.0101
17	1.5686	1.0362	32	1.5702	1.0193	47	1.5705	1.0131	62	1.5706	1.0100
18	1.5688	1.0342	33	1.5702	1.0187	48	1.5705	1.0129	63	1.5706	1.0098
19	1.5690	1.0324	34	1.5702	1.0181	49	1.5705	1.0126	64	1.5706	1.0097
20	1.5692	1.0308	35	1.5702	1.0176	50	1.5705	1.0123	65	1.5706	1.0095

（续）

齿数 z	分度圆弦齿厚 $\bar{s}^*$	分度圆弦齿高 $\bar{h}_n^*$	齿数 z	分度圆弦齿厚 $\bar{s}^*$	分度圆弦齿高 $\bar{h}_n^*$	齿数 z	分度圆弦齿厚 $\bar{s}^*$	分度圆弦齿高 $\bar{h}_n^*$	齿数 z	分度圆弦齿厚 $\bar{s}^*$	分度圆弦齿高 $\bar{h}_n^*$
66	1.5706	1.0094	85	1.5707	1.0073	104	1.5707	1.0059	123	1.5707	1.0050
67	1.5706	1.0092	86	1.5707	1.0072	105	1.5707	1.0059	124	1.5707	1.0050
68	1.5706	1.0091	87	1.5707	1.0071	106	1.5707	1.0058	125	1.5707	1.0049
69	1.5707	1.0090	88	1.5707	1.0070	107	1.5707	1.0058	126	1.5707	1.0049
70	1.5707	1.0088	89	1.5707	1.0069	108	1.5707	1.0057	127	1.5707	1.0049
71	1.5707	1.0087	90	1.5707	1.0068	109	1.5707	1.0057	128	1.5707	1.0048
72	1.5707	1.0086	91	1.5707	1.0068	110	1.5707	1.0056	129	1.5707	1.0048
73	1.5707	1.0085	92	1.5707	1.0067	111	1.5707	1.0056	130	1.5707	1.0047
74	1.5707	1.0084	93	1.5707	1.0067	112	1.5707	1.0055	131	1.5708	1.0047
75	1.5707	1.0083	94	1.5707	1.0066	113	1.5707	1.0055	132	1.5708	1.0047
76	1.5707	1.0081	95	1.5707	1.0065	114	1.5707	1.0054	133	1.5708	1.0047
77	1.5707	1.0080	96	1.5707	1.0064	115	1.5707	1.0054	134	1.5708	1.0046
78	1.5707	1.0079	97	1.5707	1.0064	116	1.5707	1.0053	135	1.5708	1.0046
79	1.5707	1.0078	98	1.5707	1.0063	117	1.5707	1.0053	140	1.5708	1.0044
80	1.5707	1.0077	99	1.5707	1.0062	118	1.5707	1.0053	145	1.5708	1.0042
81	1.5707	1.0076	100	1.5707	1.0061	119	1.5707	1.0052	150	1.5708	1.0041
82	1.5707	1.0075	101	1.5707	1.0061	120	1.5707	1.0052	齿条	1.5708	1.0000
83	1.5707	1.0074	102	1.5707	1.0060	121	1.5707	1.0051			
84	1.5707	1.0074	103	1.5707	1.0060	122	1.5707	1.0051			

注：1. 当 $m(m_n)\neq 1$ 时，分度圆弦齿厚 $\bar{s}=\bar{s}^* m=(\bar{s}_n=\bar{s}_n^* m_n)$；分度圆弦齿高 $\bar{h}_n=\bar{h}_n^* m(\bar{h}_n=\bar{h}_n^* m_n)$。

2. 对于斜齿圆柱齿轮和锥齿轮，本表也可以用，所不同的是，齿数要用当量齿数 z_v。

3. 如果当量齿数带小数，就要用比例插入法，把小数部分考虑进去。

表 9-137 公法线长度 W_k^* （$m=1$，$\alpha=20°$） （mm）

齿轮齿数 z	跨测齿数 K	公法线长度 W_k^*	齿轮齿数 z	跨测齿数 K	公法线长度 W_k^*	齿轮齿数 z	跨测齿数 K	公法线长度 W_k^*	齿轮齿数 z	跨测齿数 K	公法线长度 W_k^*	齿轮齿数 z	跨测齿数 K	公法线长度 W_k^*
			20	3	7.6604	39	5	13.8308	58	7	20.0011	77	9	26.1715
			21	3	7.6744	40	5	13.8448	59	7	20.0152	78	9	26.1855
			22	3	7.6884	41	5	13.8588	60	7	20.0292	79	9	26.1995
4	2	4.4842	23	3	7.7024	42	5	13.8728	61	7	20.0432	80	9	26.2135
5	2	4.4942	24	3	7.7165	43	5	13.8868	62	7	20.0572	81	10	29.1797
6	2	4.5122	25	3	7.7305	44	5	13.9008	63	8	23.0233	82	10	29.1937
7	2	4.5262	26	3	7.7445	45	6	16.8670	64	8	23.0373	83	10	29.2077
8	2	4.5402	27	4	10.7106	46	6	16.8810	65	8	23.0513	84	10	29.2217
9	2	4.5542	28	4	10.7246	47	6	16.8950	66	8	23.0653	85	10	29.2357
10	2	4.5683	29	4	10.7386	48	6	16.9090	67	8	23.0793	86	10	29.2497
11	2	4.5823	30	4	10.7526	49	6	16.9230	68	8	23.0933	87	10	29.2637
12	2	4.5963	31	4	10.7666	50	6	16.9370	69	8	23.1073	88	10	29.2777
13	2	4.6103	32	4	10.7806	51	6	16.9510	70	8	23.1213	89	10	29.2917
14	2	4.6243	33	4	10.7946	52	6	16.9660	71	8	23.1353	90	11	32.2579
15	2	4.6383	34	4	10.8086	53	6	16.9790	72	9	26.1015	91	11	32.2718
16	2	4.6523	35	4	10.8226	54	7	19.9452	73	9	26.1155	92	11	32.2858
17	2	4.6663	36	5	13.7888	55	7	19.9591	74	9	26.1295	93	11	32.2998
18	3	7.6324	37	5	13.8028	56	7	19.9731	75	9	26.1435	94	11	32.3136
19	3	7.6464	38	5	13.8168	57	7	19.9871	76	9	26.1575	95	11	32.3279

（续）

齿轮齿数 z	跨测齿数 K	公法线长度 W_k^*	齿轮齿数 z	跨测齿数 K	公法线长度 W_k^*	齿轮齿数 z	跨测齿数 K	公法线长度 W_k^*	齿轮齿数 z	跨测齿数 K	公法线长度 W_k^*	齿轮齿数 z	跨测齿数 K	公法线长度 W_k^*
96	11	32.3419	117	14	41.4924	138	16	47.6907	159	18	53.8891	180	21	63.0397
97	11	32.3559	118	14	41.5064	139	16	47.7047	160	18	53.9031	181	21	63.0536
98	11	32.3699	119	14	41.5204	140	16	47.7187	161	18	53.9171	182	21	63.0676
99	12	35.3361	120	14	41.5344	141	16	47.7327	162	19	56.8833	183	21	63.0816
100	12	35.3500	121	14	41.5484	142	16	47.7408	163	19	56.8972	184	21	63.0956
101	12	35.3640	122	14	41.5624	143	16	47.7608	164	19	56.9113	185	21	63.1099
102	12	35.3780	123	14	41.5764	144	17	50.7270	165	19	56.9253	186	21	63.1236
103	12	35.3920	124	14	41.5904	145	17	50.7409	166	19	56.9393	187	21	63.1376
104	12	35.4060	125	14	41.6044	146	17	50.7549	167	19	56.9533	188	21	63.1516
105	12	35.4200	126	15	44.5706	147	17	50.7689	168	19	56.9673	189	22	66.1179
106	12	35.4340	127	15	44.5846	148	17	50.7829	169	19	56.9813	190	22	66.1318
107	12	35.4481	128	15	44.5986	149	17	50.7969	170	19	56.9953	191	22	66.1458
108	13	38.4142	129	15	44.6126	150	17	50.8109	171	20	59.9615	192	22	66.1598
109	13	38.4282	130	15	44.6266	151	17	50.8249	172	20	59.9754	193	22	66.1738
110	13	38.4422	131	15	44.6405	152	17	50.8389	173	20	59.9894	194	22	66.1878
111	13	38.4562	132	15	44.6546	153	18	53.8051	174	20	60.0034	195	22	66.2018
112	13	38.4702	133	15	44.6686	154	18	53.8191	175	20	60.0174	196	22	66.2158
113	13	38.4842	134	15	44.6826	155	18	53.8331	176	20	60.0314	197	22	66.2298
114	13	38.4982	135	16	47.6490	156	18	53.8471	177	20	60.0455	198	23	66.1961
115	13	38.5122	136	16	47.6627	157	18	53.8611	178	20	60.0595	199	23	69.2101
116	13	38.5262	137	16	47.6767	158	18	53.8751	179	20	60.0735	200	23	69.2241

注：1. 对标准直齿圆柱齿轮，公法线长度 $W_k = W_k^* m$，W_k^* 为 $m = 1\text{mm}$、$\alpha = 20°$时的公法线长度。

2. 对变位直齿圆柱齿轮，当变位系数 x 较小及 $|x| < 0.3$ 时，跨测齿数 K 按照表 9-137 查出，而公法线长度

$$W_k = (W_k^* + 0.684x)\ m$$

当变位系数 x 较大，$|x| > 0.3$ 时，跨测齿数

$$K' = z\frac{\alpha_z}{180°} + 0.5$$

式中 $\alpha_z = \arccos\frac{2d\cos\alpha}{d_a + d_f}$，而公法线长度

$$W_k = [2.9521(K' - 0.5) + 0.014z + 0.684x]m$$

3. 斜齿轮的公法线长度 W_{nk} 在法面内测量，其值也可按表 9-137 确定，但必须按假想齿数 z' 查，$z' = Kz$，式中 K 为与分度圆柱上齿的螺旋角 β 有关的假想齿数系数，见表 9-138。假想齿数常为非整数，其小数部分 Δz 所对应的公法线长度 ΔW_n^* 可查表 9-139。故总的公法线长度 $W_{nk} = (W_k^* + \Delta W_n^*)m_n$，式中 m_n 为法面模数；W_k^* 为与假想齿数 z' 整数部分相对应的公法线长度，查表 9-137。

表 9-138 假想齿数系数 K（$\alpha_n = 20°$）

β	K	β	K	β	K	β	K
1°	1.000	6°	1.016	11°	1.054	16°	1.119
2°	1.002	7°	1.022	12°	1.065	17°	1.136
3°	1.004	8°	1.028	13°	1.077	18°	0.154
4°	1.007	9°	1.036	14°	1.090	19°	1.173
5°	1.011	10°	1.045	15°	1.104	20°	1.194

注：对于 β 中间值的系数 K，可按内插法求出。

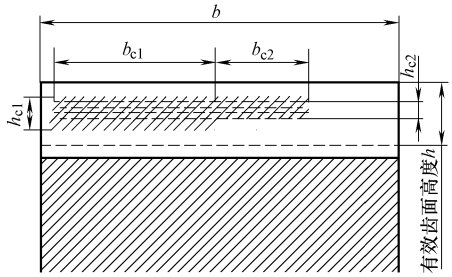
表 9-139　公法线长度 ΔW_k^*　（mm）

$\Delta z'$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0001	0.0003	0.0004	0.0006	0.0007	0.0008	0.0010	0.0011	0.0013
0.1	0.0014	0.0015	0.0017	0.0018	0.0020	0.0021	0.0022	0.0024	0.0025	0.0027
0.2	0.0028	0.0029	0.0031	0.0032	0.0034	0.0035	0.0036	0.0038	0.0039	0.0041
0.3	0.0042	0.0043	0.0045	0.0046	0.0048	0.0049	0.0051	0.0052	0.0053	0.0055
0.4	0.0056	0.0057	0.0059	0.0060	0.0061	0.0063	0.0064	0.0066	0.0067	0.0069
0.5	0.0070	0.0071	0.0073	0.0074	0.0076	0.0077	0.0079	0.0080	0.0081	0.0083
0.6	0.0084	0.0085	0.0087	0.0088	0.0089	0.0091	0.0092	0.0094	0.0095	0.0097
0.7	0.0098	0.0099	0.0101	0.0102	0.0104	0.0105	0.0106	0.0108	0.0109	0.0111
0.8	0.0112	0.0114	0.0115	0.0116	0.0118	0.0119	0.0120	0.0122	0.0123	0.0124
0.9	0.0126	0.0127	0.0129	0.0132	0.0130	0.0133	0.0135	0.0136	0.0137	0.0139

表 9-140　中心距极限偏差 $\pm f_a$（供参考）　（μm）

齿轮精度等级 / 中心距 a/mm		5、6	7、8	齿轮精度等级 / 中心距 a/mm		5、6	7、8
大于	至			大于	至		
6	10	7.5	11	120	180	20	31.5
10	18	9	13.5	180	250	23	36
18	30	10.5	16.5	250	315	26	40.5
30	50	12.5	19.5	315	400	28.5	44.5
50	80	15	23	400	500	31.5	48.5
80	120	17.5	27				

表 9-141　齿轮装配后接触斑点（摘自 GB/Z 18620.4—2008）　（%）



参数 / 齿轮 / 精度等级	b_{c1}/b		h_{c1}/h		b_{c2}/b		h_{c2}/h	
	直齿轮	斜齿轮	直齿轮	斜齿轮	直齿轮	斜齿轮	直齿轮	斜齿轮
4 级及更高	50	50	70	50	40	40	50	50
5 和 6	45	45	50	40	35	35	30	20
7 和 8	35	35	50	40	35	35	30	20
9 至 12	25	25	50	40	25	25	30	20

表 9-142　齿坯尺寸公差（供参考）

齿轮精度等级		5	6	7	8	9	10	11	12
孔	尺寸公差	IT5	IT6	IT7		IT8		IT9	
轴	尺寸公差	IT5		IT6		IT7		IT8	
顶圆直径		IT7	IT8			IT9		IT11	

注：1. 齿轮的三项精度等级不同时，齿轮的孔、轴尺寸公差按最高精度等级确定。

2. 如齿顶圆不作为测量基准时，通常为 $m(m_n) \leqslant 5$mm 的情况，齿顶圆直径公差按 IT11 给，但不大于 $0.1m_n$。

3. 当以齿顶圆作为测量基准时，通常为 $m(m_n) > 5$mm 的情况，本栏就指齿顶圆的公差。

表 9-143　齿坯径向和端面跳动公差　　（μm）

分度圆直径		齿轮精度等级			
大于	至	3、4	5、6	7、8	9～12
≤125		7	11	18	28
125	400	9	14	22	36
400	800	12	20	32	50
800	1600	18	28	45	71

表 9-144　中心距极限偏差 $\pm f_a$（供参考）　　（μm）

齿轮精度等级 / 中心距 a/mm		5、6	7、8	齿轮精度等级 / 中心距 a/mm		5、6	7、8
大于	至			大于	至		
6	10	7.5	11	120	180	20	31.5
10	18	9	13.5	180	250	23	36
18	30	10.5	16.5	250	315	26	40.5
30	50	12.5	19.5	315	400	28.5	44.5
50	80	15	23	400	500	31.5	48.5
80	120	17.5	27				

9.4.2.5　标准尺寸（见表 9-145）

表 9-145　标准尺寸（直径、长度、高度等）（摘自 GB/T 2822—2005）　　（mm）

R			Ra			R			Ra			R			Ra		
R10	R20	R40	Ra10	Ra20	Ra40	R10	R20	R40	Ra10	Ra20	Ra40	R10	R20	R40	Ra10	Ra20	Ra40
2.50	2.50		2.5	2.5		25.0	25.0	25.0	25	25	25		112	112		110	110
	2.80			2.8				26.5			26			118			120
3.15	3.15		3.0	3.0			28.0	28.0		28	28	125	125	125	125	125	125
	3.55			3.5				30.0			30			132			130
4.00	4.00		4.0	4.0		31.5	31.5	31.5	32	32	32		140	140		140	140
	4.50			4.5				33.5			34			150			150
5.00	5.00		5.0	5.0			35.5	35.5		36	36	160	160	160	160	160	160
	5.60			5.5				37.5			38			170			170
6.30	6.30		6.0	6.0		40.0	40.0	40.0	40	40	40		180	180		180	180
	7.10			7.0				42.5			42			190			190
8.00	8.00		8.0	8.0			45.0	45.0		45	45	200	200	200	200	200	200
	9.00			9.0				47.5			48			212			210
10.0	10.0		10.0	10.0		50.0	50.0	50.0	50	50	50		224	224		220	220
	11.2			11				53.0			53			236			240
12.5	12.5	12.5	12	12	12		56.0	56.0		56	56	250	250	250	250	250	250
		13.2			13			60.0			60			265			260
	14.0	14.0		14	14	63.0	63.0	63.0	63	63	63		280	280		280	280
		15.0			15			67.0			67			300			300
16.0	16.0	16.0	16	16	16		71.0	71.0		71	71	315	315	315	320	320	320
		17.0			17			75.0			75			335			340
	18.0	18.0		18	18	80.0	80.0	80.0	80	80	80		355	355		360	360
		19.0			19			85.0			85			375			380
20.0	20.0	20.0	20	20	20		90.0	90.0		90	90	400	400	400	400	400	400
		21.2			21			95.0			95			425			420
	22.4	22.4		22	22	100	100	100	100	100	100		450	450		450	450
		23.6			24			106			105			475			480

（续）

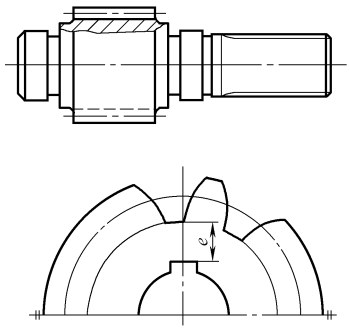
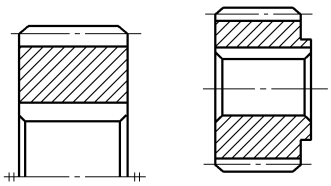
R			Ra			R			Ra			R			Ra		
R10	R20	R40	Ra10	Ra20	Ra40	R10	R20	R40	Ra10	Ra20	Ra40	R10	R20	R40	Ra10	Ra20	Ra40
500	500	500	500	500	500	800	800	800	800	800	800	1250	1250	1250			
		530			530			850			850			1320			
	560	560		560	560		900	900		900	900		1400	1400			
		600			600			950			950	1600	1600	1500			
630	630	630	630	630	630	1000	1000	1000	1000	1000	1000			1600			
		670			670			1060					1800	1700			
	710	710		710	710		1120	1120						1800			
		750			750			1180						1900			

注：1. 选择系列及单个尺寸时，应首先在优先数系 R 系列中选用标准尺寸。选用顺序为 R10、R20、R40。如果必须将数值圆整，可在相应的 Ra 系列中选用标准尺寸。

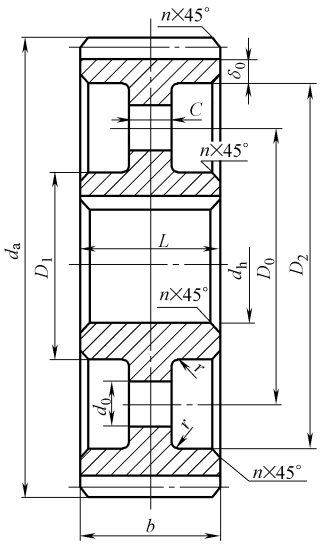
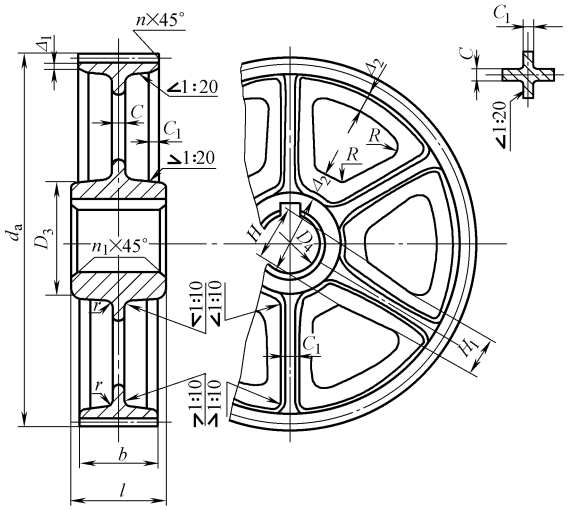
2. 本标准适用于机械制造业中有互换性或系列化要求的主要尺寸，其他结构尺寸也应尽量采用。对于由主要尺寸导出的因变量尺寸和工艺上工序间的尺寸，不受本标准限制。对已有专用标准规定的尺寸，可按专用标准选用。

9.4.2.6 常见圆柱齿轮结构形式（见表9-146）

表9-146 常见圆柱齿轮结构形式

名称	结构形式	使用条件
齿轮轴		对于直径较小的钢制齿轮，如图所示：若齿根圆到键槽底部的距离 $e < 2m_t$（m_t 为端面模数），可将齿轮和轴做成一体，称为齿轮轴，这时齿轮与轴必须采用同一种材料制造。 也可按经验公式即 $d_a < 2d_S$ 时做成齿轮轴，d_a 为齿顶圆直径，d_S 为相邻轴径
实心式		当齿顶圆直径 $d_a \leqslant 160$mm 时，齿轮可做成图示的实心结构，或根据实际情况定

（续）

名称	结构形式	使用条件
孔板轮		当齿顶圆直径 $d_a \leqslant 500$mm 时，通常采用辐板式（没有工艺孔）或如图所示孔板结构的锻造齿轮。尺寸由经验公式计算：$L=(1.2\sim1.5)d_h$ 且 $L\geqslant b$；$D_1=1.6d_h$ $\delta_0>(2.5\sim4)m_n$，但不小于 8～10mm $D_0=0.5(D_1+D_2)$ $d_0=(0.25\sim0.35)(D_2-D_1)$ $C\approx(0.2\sim0.3)b$ $r\geqslant5$mm $n\approx0.5m_n$（或自定） 以上经验公式计算的尺寸必须圆整为整数以便于加工与测量
轮辐式		当顶圆直径 $400\leqslant d_a\leqslant1000$mm 时，齿轮常采用轮辐式结构 $b<240$mm $D_3=1.6D_4$（铸钢）； $D_3=1.7D_4$（铸铁）； $\Delta_1\approx(3\sim4)m_n$，但不小于 8mm $\Delta_2=(1\sim1.2)\Delta_1$ $H=0.8D_4$（铸钢） $H=0.9D_4$（铸铁） $H_1=0.8H$；$C=H/5$；$C_1=H/6$；$R=0.5H$；$1.5D_4>l\geqslant b$

9.4.2.7　锥齿轮常用设计参数（见图 9-60、图 9-61，表 9-147）

表 9-147　锥齿轮模数系列　　（mm）

1	1.125	1.25	1.375	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8
9	10	11	12	14	16	18	20														

注：本表摘自 GB 12368—1990。

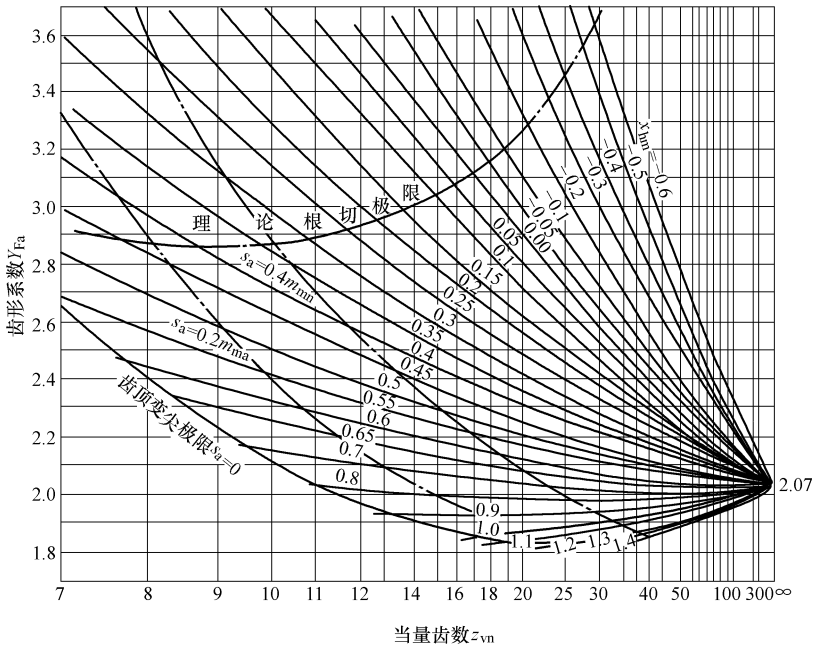


图 9-60 齿形系数

$\alpha=20°$，$h_{an}/m_m=1$，$h_{a0}/m_m=1.25$，$\rho_{a0}/m_m=0.25$

式中：h_{a0}—刀具齿顶高；ρ_{a0}—刀具齿顶圆角半径；

图中：x_{hm}—高度平均变位系数；s_a—齿顶厚；m_{mn}—平均法面模数

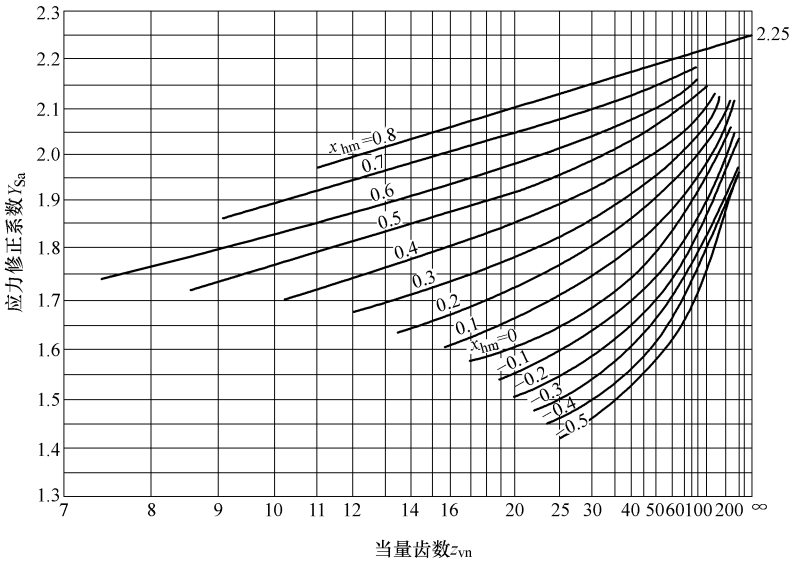


图 9-61 应力修正系数

$\alpha=20°$，$h_{a0}/m_m=1.25$，$\rho_{a0}/m_m=0.25$

h_{a0}—刀具齿顶高；ρ_{a0}—刀具齿顶圆角半径

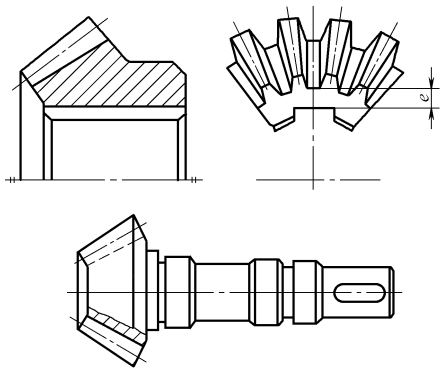
9.4.2.8　标准直齿锥齿轮传动主要几何尺寸计算（见表9-148）

表 9-148　标准直齿锥齿轮传动的主要几何计算公式（轴交角 $\Sigma=90°$）

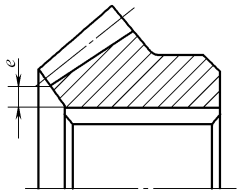
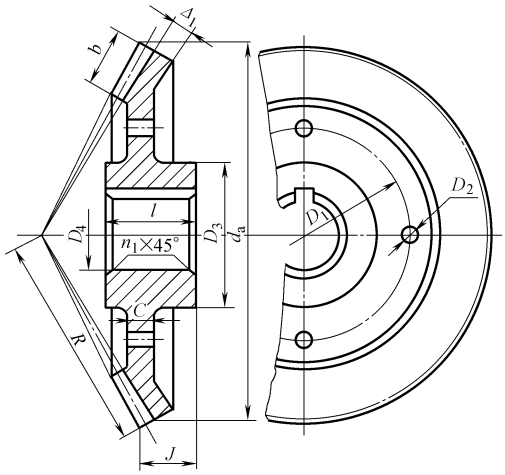
名称及代号	计　算　公　式
齿数比 u	$u=\frac{z_2}{z_1}$
当量齿数 z_v	$z_v=\frac{z}{\cos\delta}$
当量齿轮的齿数比 u_v	$u_v=\frac{z_{v2}}{z_{v1}}=u^2$
分锥角 δ	$\tan\delta_1=\frac{z_1}{z_2}=\frac{1}{u}$
大端模数 m	由强度计算或结构设计确定,并取标准值
大端分度圆直径 d	$d=mz$
锥距 R	$R=\frac{d_1}{2\sin\delta_1}=\frac{d_2}{2\sin\delta_2}=\frac{m}{2}\sqrt{z_1^2+z_2^2}$
齿宽系数 ψ_R	$\psi_R=\frac{b}{R}\leqslant\frac{1}{3}$,$b$ 为齿宽,一般 $\psi_R=0.25\sim0.3$
平均分度圆直径 d_m	$d_m=(1-0.5\psi_R)d$
平均模数 m_m	$m_m=\frac{d_m}{z}=(1-0.5\psi_R)m$
齿高 h	$h=h_a+h_f=m+1.2m=2.2m$
大端顶圆直径 d_a	$d_a=d+2h_a\cos\delta$
齿顶角 θ_a	不等顶隙收缩齿 $\tan\theta_a=\frac{h_a}{R}$ 等顶隙收缩齿 $\theta_{a1}=\theta_{f2}$,$\theta_{a2}=\theta_{f1}$
齿根角 θ_f	$\tan\theta_f=\frac{h_f}{R}$
顶锥角 δ_a	不等顶隙收缩齿 $\delta_{a1}=\delta_1+\theta_{a1}$,$\delta_{a2}=\delta_2+\theta_{a2}$ 等顶隙收缩齿 $\delta_{a1}=\delta_1+\theta_{f2}$,$\delta_{a2}=\delta_2+\theta_{f1}$
根锥角 δ_f	$\delta_{f1}=\delta_1-\theta_{f1}$,$\delta_{f2}=\delta_2-\theta_{f2}$

9.4.2.9　锥齿轮的结构（见表9-149）

表 9-149　锥齿轮结构形式

名称	结构形式	使用条件
齿轮轴		对于直径较小的钢制锥齿轮,若小端齿根圆到键槽底部的距离 $e<1.6m$ 时,可将齿轮和轴做成一体,称为齿轮轴,这时齿轮与轴必须采用同一种材料制造。 也可按经验公式,即小端顶圆直径 $d_a<2d_S$ 时做成齿轮轴,d_S 为相邻轴径

（续）

名称	结构形式	使用条件
实心式		当齿顶圆直径 $d_a \leqslant 160$mm 时，齿轮可做成图示的实心结构，或根据实际情况定
辐板或孔板轮		为节省材料减轻重量，当齿顶圆直径 $200 \leqslant d_a \leqslant 500$mm 时，通常采用辐板式。考虑加工夹紧及搬运通常需要在辐板上开 4～6 个孔（工艺孔），毛坯常用锻造，批量小用自由锻（如图），批量大常用模锻。尺寸由经验公式计算： $D_3 \approx 1.6D_4$，$n_1 \approx 0.5m$，$r \approx 5$mm，D_1、D_2 由结构定 $l \approx (1 \sim 1.2)D_4$，$C = (3 \sim 4)m$，常用齿轮的 C 值不应小于 10mm，航空用齿轮可取 $C = 3 \sim 6$mm J 由结构设计而定。$\Delta_1 = (0.1 \sim 0.2)B$ 以上经验公式计算的尺寸必须圆整为整数以便于加工与测量

9.4.2.10 锥齿轮传动的精度设计

1. 直齿锥齿轮的精度等级及应用

国家标准 GB/T 11365—1989《锥齿轮和准双曲面齿轮精度》规定了锥齿轮及齿轮副的误差、定义、代号、精度等级、齿坯要求、检验与公差、侧隙和图样标注。

该标准适用于中点法向模数 $m_n \geqslant 1$mm，中点分度圆直径 <400mm 的直齿、斜齿、曲线齿锥齿轮。

根据使用要求，允许各公差组选用不同精度等级。但对齿轮副中大、小轮的同一公差组、应规定同一精度等级。除 $F''_{i\Sigma}$、$F''_{i\Sigma c}$、$f''_{i\Sigma}$、$f''_{i\Sigma c}$、F_r、F_{vj} 以外，允许工作齿面和非工作齿面选用不同的精度等级。

锥齿轮精度应根据传动用途、使用条件、传递的功率、圆周速度以及其他技术要求决定。锥齿轮Ⅱ组公差的精度主要由圆周速度决定，见表 9-150。

锥齿轮精度应用示例见表 9-151。

表 9-150 锥齿轮Ⅱ组精度等级的选择

Ⅱ组精度等级	直齿		非直齿	
	<350HBW	>350HBW	<350HBW	>350HBW
	圆周速度最大值/（$m \cdot s^{-1}$）			
7	7	6	16	13
8	4	3	9	7
9	3	2.5	6	5

表 9-151　锥齿轮精度应用示例

公差组		公差与极限偏差项目			检验组	适用精度范围
		名　称	代号	数值		
Ⅰ	齿轮	切向综合公差	F'_i	$F_p+1.15f_c$	$\Delta F'_i$	4～8 级
		轴交角综合公差	$F''_{i\Sigma}$	$0.7F''_{i\Sigma c}$	$\Delta F''_{i\Sigma}$	7～12 级直齿，9～12 级非直齿
		齿距累积公差	F_p	表 9-160	ΔF_p	7～8 级
		k 个齿距累积公差	F_{pk}		ΔF_p 与 ΔF_{pk}	4～6 级
		齿圈跳动公差	F_r	表 9-160	ΔF_r	7～12 级，对 7、8 级 d_m① >1600mm
	齿轮副	齿轮副切向综合公差	F'_{ic}	$F'_{i1}+F'_{i2}$②	ΔF_{ic}	4～8 级
		齿轮副轴交角综合公差	$F''_{i\Sigma c}$	表 9-160	$\Delta F''_{i\Sigma c}$	7～12 级直齿，9～12 级非直齿
		齿轮副侧隙变动公差	F_{vj}		$\Delta F''_{vj}$	9～12 级
Ⅱ	齿轮	一齿切向综合公差	f'_i	$0.8(f_\mu+1.15f_c)$	$\Delta f'_i$	4～8 级
		一齿轴交角综合公差	$f'_{i\Sigma}$	$0.7f''_{i\Sigma c}$	$f''_{i\Sigma}$	7～12 级直齿，9～12 级非直齿
		周期误差的公差	f'_{zK}	表 9-162	$\Delta f'_{zK}$	4～8 级，纵向重合度 ε_β > 界限值③
		齿距极限偏差	$\pm f_{pt}$	表 9-161	Δf_{pt}	7～12 级
		齿形相对误差的公差	f_c		Δf_{pt} 与 Δf_c	4～6 级
	齿轮副	齿轮副一齿切向综合公差	f'_{ic}	$f_{i1}+f_{i2}$	$\Delta f'_{ic}$	4～8 级
		齿轮副一齿轴交角综合公差	$f''_{i\Sigma c}$	表 9-161	$\Delta f''_{i\Sigma c}$	7～12 级直齿，9～12 级非直齿
		齿轮副周期误差的公差	f'_{zKc}	表 9-162	$\Delta f'_{zKc}$	4～8 级，纵向重合度 ε_β > 界限值③
		齿轮副齿频周期误差的公差	f'_{zzc}	表 9-164	$\Delta f'_{zzc}$	4～8 级，纵向重合度 ε_β < 界限值③
Ⅲ	齿轮 齿轮副	接触斑点		表 9-155	接触斑点	4～12 级
安装精度	齿轮副	齿圈轴向位移极限偏差	$\pm f_{AM}$④	表 9-163	Δf_{AM} Δf_a 和 ΔE_Σ	4～12 级。当齿轮副安装在实际装置上时检验
		齿轮副轴间距极限偏差	$\pm f_a$④	表 9-164		
		齿轮副轴交角极限偏差	$\pm E_\Sigma$			

① d_m 为中点分度圆直径。

② 当两齿轮的齿数比为不大于 3 的整数且采用选配时，应将 F'_{ic} 值压缩 25% 或更多。

③ ε_β 的界限值；对第Ⅲ公差组精度等级 4～5 级，ε_β 为 1.35；6～7 级，ε_β 为 1.55，8 级，ε_β 为 2.0。

④ $\pm f_{AM}$ 属第Ⅱ公差组，$\pm f_a$ 属第Ⅲ公差组。

2. 锥齿轮传动公差组（见表 9-152）

表 9-152　锥齿轮精度的公差组和检查项目

类　别		锥　齿　轮			齿　轮　副			
精度等级		7	8	9	7	8	9	安装精度
公差组	Ⅰ	F_p 或 F_r		F_r	$F''_{i\Sigma c}$		F_{vj}	$\pm f_{AM}$ $\pm f_a$ $\pm E_\Sigma$
	Ⅱ	$\pm f_{pt}$			$f''_{i\Sigma c}$			
	Ⅲ	接触斑点						
侧　隙		$E_{\bar{s}s}E_{\bar{s}i}$			j_{nmin}			
齿坯公差		外径尺寸极限偏差及轴孔尺寸公差；齿坯顶锥母线跳动和基准端面跳动公差；齿坯轮冠距和顶锥角极限偏差						

3. 锥齿轮检验组

根据齿轮的工作要求和生产规模，在以下各公差组中任选一个检验组评定和验收齿轮的精度等级，锥齿轮的检验组见表 9-153。

4. 对齿轮副的检验要求

根据齿轮副的工作要求和生产规模，按以下各公差组中（表 9-154）齿轮副的精度进行检验。接触斑点见表 9-155。

表 9-153　锥齿轮的检验组

公差组	检验组	适　用　于
Ⅰ	$\Delta F'_i$	4 ~ 8 级精度
	$\Delta F''_{i\Sigma}$	7 ~ 12 级精度的直齿锥齿轮;9 ~ 12 级精度的斜齿、曲线齿锥齿轮
	ΔF_p	7 ~ 8 级精度
	ΔF_p 与 ΔF_{pk}	4 ~ 6 级精度
	ΔF_r	7 ~ 12 级精度,其中 7、8 级用于 $d_m > 1600$mm 的锥齿轮
Ⅱ	$\Delta f'_i$	4 ~ 8 级精度
	$\Delta f''_{i\Sigma}$	7 ~ 12 级精度的直齿锥齿轮;9 ~ 12 级精度的斜齿、曲线齿锥齿轮
	$\Delta f'_{zk}$	4 ~ 8 级精度、轴向重合度 $\varepsilon_{v\beta}$ 大于其界限值①的齿轮
	Δf_{pt} 与 Δf_c	4 ~ 6 级精度
	Δf_{pt}	4 ~ 12 级精度
Ⅲ	接触斑点	4 ~ 12 级精度

① 接触精度 4、5 级时，$\varepsilon_{V\beta}$ 的界限值为 1.35；6、7 级时，$\varepsilon_{V\beta}$ 的界限值为 1.55；8 级时，$\varepsilon_{V\beta}$ 的界限值为 2.0。

表 9-154　齿轮副推荐检验项目

公差组	检验组	适　用　于
Ⅰ	$\Delta F'_{ic}$	4 ~ 8 级精度
	$\Delta F''_{i\Sigma c}$	7 ~ 12 级精度的直齿;9 ~ 12 级精度的斜齿、曲线齿
	ΔF_{vj}	9 ~ 12 级精度
Ⅱ	$\Delta f'_{ic}$	4 ~ 8 级精度
	$\Delta f''_{i\Sigma c}$	7 ~ 12 级精度的直齿;9 ~ 12 级精度的斜齿、曲线齿
	$\Delta f'_{zkc}$	
	Δf_{zkc}	
Ⅲ	接触精度	4 ~ 12 级精度

表 9-155　接触斑点

精度等级	6、7	8、9	10	对齿面修形的齿轮,在齿面大端、小端和齿顶边缘处不允许出现接触斑点;对齿面不修形的齿轮,其接触斑点不小于表中平均值
沿齿长方向(%)	50 ~ 70	35 ~ 65	25 ~ 55	
沿齿高方向(%)	55 ~ 75	40 ~ 70	30 ~ 60	

齿轮副的最小法向侧隙分为 6 种：a、b、c、d、e 和 h，a 为最大，依次递减，h 为零，如图 9-62 所示。最小法向侧隙与精度等级无关，最小法向侧隙 j_{nmin} 值见表 9-156。

最大法向侧隙 j_{nmax} 由下式计算：

$$j_{nmax} = (\,|E_{ss1}^{-} + E_{ss2}^{-}| + T_{s1}^{-} + T_{s2}^{-} + E_{s\Delta1}^{-} + E_{s\Delta2}^{-}\,)\cos\alpha$$

式中　$E_{s\Delta}^{-}$——制造误差的补偿部分，由表 9-140 查取。

齿轮副的法向侧隙公差有 5 种：A、B、C、D 和 H，推荐法向侧隙公差种类与最小侧隙种类的对应关系如图 9-60 所示。

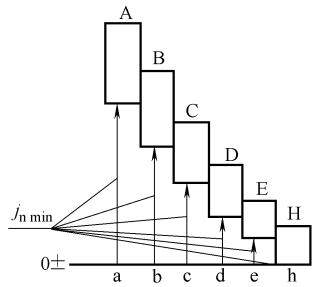


图 9-62　侧隙种类

齿厚公差值列于表 9-157。齿厚偏差见表 9-158。

表 9-156　最小法向侧隙 j_{nmin} 值　　（μm）

中点锥距/mm		小轮分锥角(°)		最小法向侧隙 j_{nmin} 值		
				最小法向侧隙种类		
大于	至	大于	至	b	c	d
—	50	—	15	58	36	22
		15	25	84	52	33
		25	—	100	62	39
50	100	—	15	84	52	33
		15	25	100	62	39
		25	—	120	74	46
100	200	—	15	100	62	39
		15	25	140	87	54
		25	—	160	100	63

表 9-157　齿厚公差 T_s^-　　（μm）

齿圈跳动公差		齿厚公差 T_s^-		
		法向间隙公差种类		
大于	到	B	C	D
32	40	85	70	55
40	50	100	80	65
50	60	120	95	75
60	80	130	110	90
80	100	170	140	110

表 9-158　齿厚上偏差 E_{ss}^- 值和 $E_{s\Delta}^-$ 值　　（μm）

		齿厚上偏差 E_{ss}^-						最大法向侧隙 j_{nmax} 的制造误差补偿部分 $E_{s\Delta}^-$ 值																	
								第Ⅱ组精度等级																	
	中点法向模数/mm	中点分度圆直径/mm						7						8						9					
								中点分度圆直径/mm																	
		<125			>125～400			<125			>125～400			<125			>125～400			<125			>125～400		
		分锥角(°)																							
		<20	>20~45	>45	<20	>20~45	>45	<20	>20~45	>45	<20	>20~45	>45	<20	>20~45	>45	<20	>20~45	>45	<20	>20~45	>45	<20	>20~45	>45
基本值	>1～3.5	-20	-20	-22	-28	-32	-30	20	20	22	28	32	30	22	22	24	30	36	32	24	24	25	32	38	36
	>3.5～6.3	-22	-22	-25	-32	-32	-30	22	22	25	32	32	30	24	24	28	36	36	32	25	25	30	38	38	36

	最小法向侧隙种类	第Ⅱ组精度等级		
		7	8	9
系数	d	2	2.2	—
	c	2.7	3.0	3.2
	b	3.8	4.2	4.6

5. 对齿坯的检验要求

齿轮的加工、检验和安装的定位基准面应尽量一致，并在齿轮零件图上予以标注。齿坯各项公差和偏差见表 9-159。

表 9-159　齿坯尺寸公差

精度等级	4	5	6	7	8	9	10	11	12
轴径尺寸公差	IT4	IT5		IT6		IT7			
孔径尺寸公差	IT5	IT6		IT7		IT8			
外径尺寸极限偏差	0 – IT7	0 – IT8				0 – IT9			

6. 各项公差和极限偏差（见表 9-160 ~ 表 9-165）

表 9-160　锥齿轮有关 F_p、F_{pk}、F_r 和齿轮副的 $F''_{i\Sigma c}$、F_{vj} 值　（μm）

齿距累积公差 F_p 和 K 个齿距累积公差 F_{pk}① L/mm		精度等级					中点分度圆直径/mm		中点法向模数/mm	齿圈跳动公差 F_r 精度等级				齿轮副轴交角综合公差 $F''_{i\Sigma c}$ 精度等级				侧隙变动公差 F_{vj}② 精度等级	
大于	至	6	7	8	9	10	大于	至		7	8	9	10	7	8	9	10	9	10
—	11.2	11	16	22	32	45	—	125	1 ~ 3.5	36	45	56	71	67	85	110	130	75	90
									> 3.5 ~ 6.3	40	50	63	80	75	95	120	150	80	100
11.2	20	16	22	32	45	63			> 6.3 ~ 10	45	56	71	90	85	105	130	170	90	120
20	32	20	28	40	56	80			> 10 ~ 16	50	63	80	100	100	120	150	190	105	130
32	50	22	32	45	63	90	125	400	1 ~ 3.5	50	63	80	100	100	125	160	190	110	140
									> 3.5 ~ 6.3	56	71	90	112	105	130	170	200	120	150
50	80	25	36	50	71	100			> 6.3 ~ 10	63	80	100	125	120	150	180	220	130	160
									> 10 ~ 16	71	90	112	140	130	160	200	250	140	170
80	160	32	45	63	90	125	400	800	1 ~ 3.5	63	80	100	125	130	160	200	260	140	180
160	315	45	63	90	125	180			> 3.5 ~ 6.3	71	90	112	140	140	170	220	280	150	190
315	630	63	90	125	180	250			> 6.3 ~ 10	80	100	125	160	150	190	240	300	160	200
									> 10 ~ 16	90	112	140	180	160	200	260	320	180	220
630	1000	80	112	160	224	315	800	1600	1 ~ 3.5	—	—	—	—	150	180	240	280	—	—
1000	1600	100	140	200	280	400			> 3.5 ~ 6.3	80	100	125	160	160	200	250	320	170	220
1600	2500	112	160	224	315	450			> 6.3 ~ 10	90	112	140	180	180	220	280	360	200	250
									> 10 ~ 16	100	125	160	200	200	250	320	400	220	270

① F_p 和 F_{pk} 按中点分度圆弧长 L 查表。查 F_p 时，取 $L=\frac{1}{2}\pi d=\frac{\pi m_n z}{2\cos\beta}$；查 F_{pk} 时，取 $L=\frac{k\pi m_n}{\cos\beta}$（没有特殊要求时，$k$ 值取 $z/6$ 或最接近的整齿数）。

② F_{vj} 取大小轮中点分度圆直径之和的一半作为查表直径。对于齿数比为整数且不大于 3（1、2、3）的齿轮副，当采用选配时，可将 F_{vj} 值缩小 25% 或更多。

表 9-161　锥齿轮的 $\pm f_{pt}$、f_c 和齿轮副的 $f''_{i\Sigma c}$ 值　（μm）

中点分度圆直径/mm		中点法向模数/mm	齿距极限偏差 $\pm f_{pt}$ 精度等级					齿形相对误差的公差 f_c 精度等级			齿轮副一齿轴交综合公差 $f''_{i\Sigma c}$ 精度等级			
大于	到		6	7	8	9	10	6	7	8	7	8	9	10
—	125	1 ~ 3.5	10	14	20	28	40	5	8	10	28	40	53	67
		> 3.5 ~ 6.3	13	18	25	36	50	6	9	13	36	50	60	75
		> 6.3 ~ 10	14	20	28	40	56	8	11	17	40	56	71	90
		> 10 ~ 16	17	24	34	48	67	10	15	22	48	67	85	105
125	400	1 ~ 3.5	11	16	22	32	45	7	9	13	32	45	60	75
		> 3.5 ~ 6.3	14	20	28	40	56	8	11	15	40	56	67	80
		> 6.3 ~ 10	16	22	32	45	63	9	13	19	45	63	80	100
		> 10 ~ 16	18	25	36	50	71	11	17	25	50	71	90	120

（续）

中点分度圆直径/mm		中点法向模数/mm	齿距极限偏差 $\pm f_{pt}$					齿形相对误差的公差 f_c			齿轮副—齿轴交综合公差 $f''_{i\Sigma c}$			
			精度等级											
大于	到		6	7	8	9	10	6	7	8	7	8	9	10
400	800	1～3.5	13	18	25	36	50	9	12	18	36	50	67	80
		>3.5～6.3	14	20	28	40	56	10	14	20	40	56	75	90
		>6.3～10	18	25	36	50	71	11	16	24	50	71	85	105
		>10～16	20	28	40	56	80	13	20	30	56	80	100	130
800	1600	1～3.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		>3.5～6.3	16	22	32	45	63	13	19	28	45	63	80	105
		>6.3～10	18	25	36	50	71	14	21	32	50	71	90	120
		>10～16	20	28	40	56	80	16	25	38	56	80	110	140

表 9-162　周期误差的公差 f'_{zk} 值（齿轮副周期误差的公差 f_{zkc} 值）　（μm）

精度等级	中点分度圆直径/mm		中点法向模数/mm	齿轮在一转(齿轮副在大轮一转)内的周期数								
	大于	到		2～4	>4～8	>8～16	>16～32	>32～63	>63～125	>125～250	>250～500	>500
6	—	125	1～6.3	11	8	6	4.8	3.8	3.2	3	2.6	2.5
			>6.3～10	13	9.5	7.1	5.6	4.5	3.8	3.4	3	2.8
	125	400	1～6.3	16	11	8.5	6.7	5.6	4.8	4.2	3.8	3.6
			>6.3～10	18	13	10	7.5	6	5.3	4.5	4.2	4
	400	800	1～6.3	21	15	11	9	7.1	6	5.3	5	4.8
			>6.3～10	22	17	12	9.5	7.5	6.7	6	5.3	5
	800	1600	1～6.3	24	17	15	10	8	7.5	7	6.3	6
			>6.3～10	27	20	15	12	9.5	8	7.1	6.7	6.3
7	—	125	1～6.3	17	13	10	8	6	5.3	4.5	4.2	4
			>6.3～10	21	15	11	9	7.1	6	5.3	5	4.5
	125	400	1～6.3	25	18	13	10	9	7.5	6.7	6	5.6
			>6.3～10	28	20	16	12	10	8	7.5	6.7	6.3
	400	800	1～6.3	32	24	18	14	11	10	8.5	8	7.5
			>6.3～10	36	26	19	15	12	10	9.5	8.5	8
	800	1600	1～6.3	36	26	20	16	13	11	10	8.5	8
			>6.3～10	42	30	22	18	15	12	11	10	9.5
8	—	125	1～6.3	25	18	13	10	8.5	7.5	6.7	6	5.6
			>6.3～10	28	21	16	12	10	8.5	7.5	7	6.7
	125	400	1～6.3	36	26	19	15	12	10	9	8.5	8
			>6.3～10	40	30	22	17	14	12	10.5	10	8.5
	400	800	1～6.3	45	32	25	19	16	13	12	11	10
			>6.3～10	50	36	28	21	17	15	13	12	11
	800	1600	1～6.3	53	38	28	22	18	15	14	12	11
			>6.3～10	63	44	32	26	22	18	16	14	13

表 9-163　齿圈轴向位移极限偏差 $\pm f_{AM}$ 值　（μm）

中点锥距/mm		分锥角(°)		精度等级																			
				6				7				8				9				10			
				中点法向模数/mm																			
大于	到	大于	到	1～3.5	>3.5～6.3	>6.3～10	>10～16	1～3.5	>3.5～6.3	>6.3～10	>10～16	1～3.5	>3.5～6.3	>6.3～10	>10～16	1～3.5	>3.5～6.3	>6.3～10	>10～16	1～3.5	>3.5～6.3	>6.3～10	>10～16
—	50	—	20	14	8			20	11			28	16			40	22			56	32		
		20	45	12	6.7	—	—	17	9.5	—	—	24	13	—	—	34	19	—	—	48	26	—	—
		45	—	5	2.8			71	4			10	5.6			14	8			20	11		

（续）

中点锥距/mm		分锥角（°）		精度等级																			
				6				7				8				9				10			
				中点法向模数/mm																			
大于	到	大于	到	1~3.5	>3.5~6.3	>6.3~10	>10~16	1~3.5	>3.5~6.3	>6.3~10	>10~16	1~3.5	>3.5~6.3	>6.3~10	>10~16	1~3.5	>3.5~6.3	>6.3~10	>10~16	1~3.5	>3.5~6.3	>6.3~10	>10~16
50	100	—	20	48	26	17	13	67	38	24	18	95	53	34	26	140	75	50	38	190	105	71	50
		20	45	40	22	15	11	56	32	21	16	80	45	30	22	120	63	42	30	160	90	60	45
		45	—	17	9.5	6	4.5	24	13	8.5	6.7	34	17	12	9	48	26	17	13	67	38	24	18
100	200	—	20	105	60	38	28	150	80	53	40	200	120	75	56	300	160	105	80	420	240	150	110
		20	45	90	50	32	24	130	71	45	34	180	100	63	48	260	140	90	67	360	190	130	95
		45	—	38	21	13	10	53	30	19	14	75	40	26	20	105	60	38	28	150	80	53	40
200	400	—	20	240	130	85	60	340	180	120	85	480	250	170	120	670	360	240	170	950	500	320	240
		20	45	200	105	71	50	280	150	100	71	400	210	140	100	560	300	200	150	800	420	280	200
		45	—	85	45	30	21	120	63	40	30	170	90	60	42	240	130	85	60	340	180	120	85
400	800	—	20	530	280	180	130	750	400	250	180	1050	560	360	260	1500	800	500	380	2100	1100	710	500
		20	45	450	240	150	110	630	340	210	160	900	480	300	220	1300	670	440	300	1700	950	600	440
		45	—	190	100	63	45	270	140	90	67	380	200	125	90	530	280	180	130	750	400	250	180
800	1600	—	20			380	280			560	400			750	560			1100	800			1500	1100
		20	45	—	—	—	240	—	—	—	340	—	—	—	480	—	—	—	670	—	—	—	950
		45	—			—	100			—	140			—	200			—	280			—	400

注：表中数值用于 $\alpha=20°$ 的非修形齿轮。对修形齿轮，允许采用低一级的 $\pm f_{AM}$ 值；当 $\alpha\neq20°$ 时，表中数值乘 $\sin20°/\sin\alpha$。

表 9-164 锥齿轮副的 f'_{zzc}、$\pm E_{\Sigma}$、$\pm f_a$ 值 （μm）

齿轮副齿频周期误差的公差 f'_{zzc}①					轴交角极限偏差 $\pm E_{\Sigma}$②							轴间距极限偏差 $\pm f_a$③					
大轮齿数	中点法向模数 mm	精度等级			中点锥距 mm	小轮分锥角/(°)	最小法向侧隙种类					中点锥距 mm	精度等级				
		6	7	8			h、e	d	c	b	a		6	7	8	9	10
≤16	1~3.5	10	15	22	≤50	≤15	7.5	11	18	30	45	≤50	12	18	28	36	67
	>3.5~6.3	12	18	28		>15~25	10	16	26	42	63						
	>6.3~10	14	22	32		>25	12	19	30	50	80						
>16~32	1~3.5	10	16	24	>50~100	≤15	10	16	26	42	63	>50~100	15	20	30	45	75
	>3.5~6.3	13	19	28		>15~25	12	19	30	50	80						
	>6.3~10	16	24	34		>25	15	22	32	60	95						
	>10~16	19	28	42													
>32~63	1~3.5	11	17	24	>100~200	≤15	12	19	30	50	80	>100~200	18	25	36	55	90
	>3.5~6.3	14	20	30		>15~25	17	26	45	71	110						
	>6.3~10	17	24	36		>25	20	32	50	80	125						
	>10~16	20	30	45													
>63~125	1~3.5	12	18	25	>200~400	≤15	15	22	22	60	95	>200~400	25	30	45	75	120
	>3.5~6.3	15	22	32		>15~25	24	36	56	90	140						
	>6.3~10	18	26	38		>25	26	40	63	100	160						
	>10~16	22	34	48													
>125~250	1~3.5	13	19	28	>400~800	≤15	20	32	50	80	125	>400~800	30	36	60	90	150
	>3.5~6.3	16	24	34		>15~25	28	45	71	110	180						
	>6.3~10	19	30	42		>25	34	56	85	140	220						
	>10~16	24	36	53													

（续）

齿轮副齿频周期误差的公差 f'_{zzc}①					轴交角极限偏差 $\pm E_{\Sigma}$②							轴间距极限偏差 $\pm f_a$③					
大轮齿数	中点法向模数 mm	精度等级			中点锥距 mm	小轮分锥角/(°)	最小法向侧隙种类					中点锥距 mm	精度等级				
		6	7	8			h、e	d	c	b	a		6	7	8	9	10
>250～500	1～3.5	14	21	30	>800～1600	≤15	26	40	63	100	160	>800～1600	40	50	85	130	200
	>3.5～6.3	18	28	40		>15～25	40	63	100	160	250						
	>6.3～10	22	34	48		>25	53	85	130	210	320						
	>10～16	28	42	60													

① f'_{zzc}用于 $\varepsilon_{\beta c}$≤0.45 的齿轮副。当 $\varepsilon_{\beta c}$>0.45～0.58 时，表中数值乘 0.6；当 $\varepsilon_{\beta c}$>0.58～0.67 时，表中数值乘 0.4；当 $\varepsilon_{\beta c}$>0.67 时，表中数值乘以 0.3。其中 $\varepsilon_{\beta c}$=纵向重合度×齿长方向接触斑点大小百分比的平均值。

② E_{Σ}值的公差带位置相对于零线可以不对称或取在一侧，适用于 α=20°的正交齿轮副。

③ f_a 值用于无纵向修形的齿轮副。对纵向修形齿轮副允许采用低一级的 $\pm f_a$ 值。

表 9-165　齿坯轮冠与顶锥角极限偏差

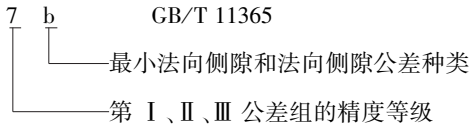
中点法向模数/mm	轮冠距极限偏差/mm	顶锥角极限偏差(°)
>1.2～10	0	+8
	−75	0

7. 图样标注

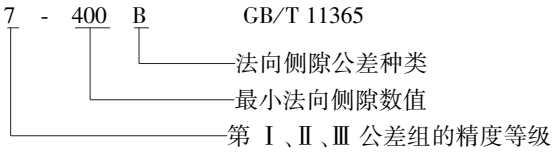
在齿轮工作图上应标注齿轮的精度等级和最小法向侧隙种类及法向侧隙公差种类的数字、代号。

标注示例如下：

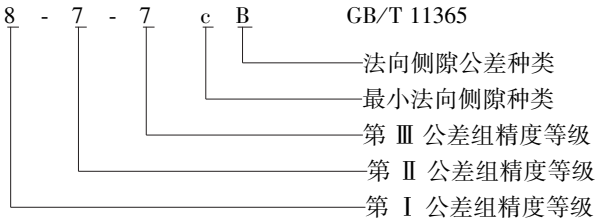
（1）齿轮的三个公差组精度同为 7 级，最小法向侧隙种类为 b，法向侧隙公差种类为 B：



（2）齿轮的三个公差组精度同为 7 级，最小法向侧隙为 400μm，法向侧隙公差种类为 B：



（3）齿轮的第Ⅰ公差组精度为 8 级，第Ⅱ、Ⅲ公差组精度为 7 级，最小法向侧隙种类为 c。法向侧隙公差种类为 B：



9.4.3 齿轮传动的效率和润滑

9.4.3.1 齿轮传动的效率

齿轮传动的功率损失主要包括三部分：

1）啮合效率 η_1：考虑齿轮啮合过程中的摩擦损失；

2）搅油效率 η_2：考虑润滑油被搅动时的油阻损失；

3）轴承效率 η_3：考虑支承轴承的摩擦损失。

闭式齿轮传动的总效率 η 为：

$$\eta = \eta_1\eta_2\eta_3$$

当采用一对滚动轴承支承时，齿轮传动计入上述三种损失后的平均效率见表9-166。

表9-166 齿轮传动的平均效率

传动装置	6级或7级精度的闭式传动	8级精度的闭式传动	开式传动
圆柱齿轮	0.98	0.97	0.95
锥齿轮	0.97	0.96	0.93

9.4.3.2 齿轮传动的润滑分析

齿轮传动是机械设备中最主要的一种传动方式，应用极广。现代设备朝着高载荷的方向发展，对齿轮的承载能力和使用条件提出了更为苛刻的要求。要想充分发挥齿轮的承载能力，减少齿轮失效，延长其使用寿命，提高传动效率，润滑则是非常重要的环节，而油品的选择更是关键。

1. 齿轮润滑的特点

齿轮传动的啮合摩擦过程相对于滑动与滚动轴承来说，均有显著的不同，因而对润滑的要求也有其特殊性。

1）齿轮在啮合过程中，啮合面（摩擦面）既有滚动又有滑动，且都承受主要载荷，不像滚动轴承那样，主要是滚动承载，滑动轴承则全是滑动承载。

2）齿轮副在不同的齿高点、不同的齿面曲线，其滚、滑动情况是不同的，因而形成动压润滑的难易程度也不同，且摩擦面的当量曲率半径小，油楔条件较差，而齿面间的滑动方向与滑速在啮合过程中急剧变化，极易引起磨损、擦伤和胶合。

3）齿面接触压力（赫兹力）非常高，可达1000～3000MPa，比一般滑动轴承高10～100倍，所以单靠提高油的黏度等已经不能解决问题。

4）齿面的加工精度一般不高，且润滑又是不稳定的、间歇性的，每次啮合都需要重新建立承压油膜，这些均较易引起磨损、擦伤和胶合。

5）不同齿轮类型与齿面曲线，其形成动压油膜的难易程度也不同，因而要求的润滑油品也就有区别。

6）齿面的润滑状态与齿面接触压力、滑动方向、油品性能等因素有密切关系。

2. 齿轮传动对润滑油的要求

由于齿轮润滑的特殊性，因而对润滑油品的性能要求也就较高。

（1）适当的黏度。

齿轮传动副油膜的承载能力既与油品黏度有关，更与其极压抗磨性能有关，过高的黏度易增加齿轮传动的搅拌阻力而导致发热和动力损失，故应选取合适的黏度，若达不到承载要

求时应通过提高其极压力损失，故应选取合适的黏度，若达不到承载要求时应通过提高其极压抗磨性能来解决。

（2）良好的热氧化安定性

齿轮传动运转时，油品被激烈搅动，油温也较高，又与空气充分接触，并会有水分、杂质、金属的作用，从而加快油品的氧化速度，使油质变差，故要求油品具有良好的热氧化安定性。

（3）良好的抗磨承载能力

由于齿轮传动有较大的载荷、赫兹压力，因此只有具有良好的抗磨承载能力的油品才能满足要求。

（4）良好的抗泡沫性能

由于齿轮运转对润滑油的剧烈搅动，使其易产生泡沫，若油中泡沫不能很快消除，将对油品循环输送与润滑性能均产生严重的影响，因而要求油品的泡沫生成要少，且消泡性要好。

（5）良好的防锈、防腐性

因为齿轮润滑油品都加入极压添加剂，以提高其极压抗磨能力，而这种添加剂的化学活性较强，在低温下容易和金属表面发生反应，使其产生腐蚀和锈蚀。因此，为克服此缺点，油品应当有好的防腐、防锈能力。

（6）良好的抗乳性化性能

齿轮在运转中常不可避免地要接触水分，若油品抗乳化性不好，则易乳化并产生泡沫，并使添加剂发生水解反应而失去添加剂的作用，从而使油品变质，失去使用性能。

（7）良好的抗剪切安定性

齿轮啮合过程中对润滑油有强烈而频繁的剪切作用，从而导致黏度的变化，特点是中、重载荷条件下的齿轮啮合更是如此，故必须加入黏度指数改进剂来加以改善，而改进剂的聚合物成分很易受剪切的影响而失效。为保证油品的抗剪切性能，不允许添加抗剪切性能差的黏度指数改进剂。

此外，对齿轮传动润滑油还有其他一些性能要求，例如良好的低温流动性、与密封材料的适应性、储运安全性，对开式齿轮传动用油品还应有较好的黏附性等，都应因具体使用场合而给予适当考虑。

3. 齿轮传动润滑油的选用原则

要使润滑油品适应齿轮传动的工作条件要求，选用时应注意下列几项基本原则：

1）齿轮的传动载荷是选择油品的主要依据。对于齿面应力低于350MPa的轻载荷一般传动齿轮，可选用不含添加剂的工业齿轮油；对于齿面应力在500～1100MPa之间的中载荷齿轮副或高温且有冲击的齿轮副，应选用中载荷或重载荷工业齿轮油；对于齿面应力高于1100MPa的重载荷齿轮副或高温且冲击较大的齿轮副，应选用重载荷工业齿轮油。

2）齿轮的类型与传递载荷有关，故也与选用的油品有关。正如前述，不同齿轮类型与齿面曲线，其形成动压油膜的难易程度不同，故对润滑油的要求也不同，应选用不同的油品。

蜗杆传动的滑速大、发热量高，故应选用黏度较高，含有油性添加剂的油品。

一般的渐开线直齿、斜齿与锥齿轮副，则按其传递载荷的大小，根据上述第1）点选用

相应的油品。

3）润滑油黏度主要根据齿轮运转的速度来确定，原则是速度高的选用低黏度油，而速度低的选用高黏度油。同时，工作温度也是确定油品黏度的一个参数，工作温度与环境温度高，油品黏度应较高，反之则较低，故夏天应用黏度较高的油，而冬天则应用黏度较低的油。

4）润滑方式与润滑系统的情况也是选用油品的参考条件，应予考虑。

循环润滑方式必须要求油品有好的流动性，因而含胶质沥青较多，流动性相对较差的气缸油就不宜选用，而油浴润滑方式则可根据润滑要求选用气缸油。

当与齿轮副共用一个润滑系统的部件，如齿轮传动箱的轴承，如果是含有银、镉不起化学反应，不发生腐蚀；如果轴承精度高、间隙很小，油品的黏度就不能太大，然而较低黏度又不适应齿轮副，这就要两者兼顾，例如选用低黏度的极压抗磨油品，借助抗磨添加剂来解决齿轮的润滑，以低黏度适应精密轴承的润滑。借助抗磨添加剂来解决齿轮的润滑，以低黏度适应精密轴承的润滑。

4. 齿轮传动润滑油的黏度选择

1）渐开线直齿、斜齿、锥齿轮齿轮箱。

运动黏度应随齿轮节圆线速度的增大而减小，即线速度大取低值，反之取大值；其次是考虑齿面硬度，淬硬的取大值，调质或不处理的取低值。同时还应根据是否选用极压抗磨油品，以及其化工作条件，按上表确定的黏度值一样进行相应的修正，选取比表中要求稍高或稍低的运动黏度值。

2）一般渐开线齿轮减速器可根据小齿轮转速并考虑负荷情况、润滑方法、工作温度等参数。

3）ZH 系列圆弧齿轮减速器可根据低速级的齿轮圆周速度 v(m/s)、齿轮模数 m(mm)、工制制度等选取相应的恩氏黏度，再换算成相应的标准运动黏度值（mm^2/s）。ZH 系列包括 ZHD、ZHL、ZHS、ZHQ 等型号的圆弧齿轮减速器。

4）开式齿轮传动的油品黏度选择。由于开式齿轮传动一般都是不太重要的低速传动，且又是不密闭的传动，油液容易飞散流失，因而要求油品的运动黏度要高，吸附性要强，尤其温度高的开式齿轮传动，更应选用高运动黏度的油品。

5. 齿轮传动用润滑油的具体选用

根据齿轮传动副的工作条件，先确定所需要的黏度，然后根据要求的黏度值，结合啮合副的其他工作参数，在众多的润滑剂中，选取质量指标与其相适应的具体品牌，这是正确的方法，但又是较为麻烦的一种方法。

因此，在一般齿轮传动中，通常是根据工作条件，直接并同时确定油品的黏度与品牌，虽然一般只是 1～2 种或最多 3～4 种品牌供选择，不一定能完全满足齿轮副工作条件的各项要求，但应可满足其主要性能的要求，且简单快速。

1）油品种类的确定。可根据齿轮副的齿轮类型、齿面曲线与载荷情况大致确定油品种类。

2）直接选用闭式齿轮传动油品的黏度与牌号。根据转速、负荷、润滑方法、速比等参数直接选取闭式齿轮传动用油品的黏度与品牌。

6. 开式齿轮传动用润滑剂的选用

开式齿轮传动一般是不太重要的低速、低功率传动，且容易流失，故多选用价格较便宜的润滑剂，除专用的开式齿轮油之外，对低速、低载荷的开式齿轮传动甚至可用经过过滤再生的旧油，载荷较大的可用二硫化钼油膏，也可用60%的过滤旧油加40%的油沥青混合制成的齿轮油脂来润滑。

润滑油是闭式齿轮传动（包括蜗杆传动）较理想的润滑剂，只要油品选用适当，一般都能达到理想的润滑效果。但经常出现渗漏的问题，导致环境污染与油料浪费，若不及时添加补足，甚至会引发润滑事故。

为解决这个问题，一要提高齿轮箱体的加工精度和装配质量，选用合适的密封件，搞好维护保养的管理工作；二要采用润滑脂代替润滑油。

目前一般中、低速度，中、低载荷的齿轮及蜗轮传动箱在以脂代油方面已有较好的经验与效果，不但解决了漏油的问题，且大大简化了维护保养工作，虽然其摩擦阻力略高于油润滑，但不再漏油与简化管理工作的经济效果可以弥补这方面的损失。

由于齿轮传动的特点要求，一般是采用0号、00号000号极压锂基脂进行润滑，低速的用00号或000号，较高速的用0号或00号，其化含有极压添加剂的润滑脂亦可代用，但效果则以极压锂基脂为佳。

高速齿轮传动（蜗杆传动除外）由于搅拌阻力大，甚至将润滑脂甩离齿轮使其不能浸润齿面而起不到润滑作用，因而不宜以脂代油。

重要、关键的齿轮传动副也不宜以脂代油，因为只要用油适当且管理到位，用润滑油润滑比用脂润滑效果好且较安全。

9.4.3.3 润滑方法及润滑剂

1. 润滑方式及润滑剂的选择

常用润滑方式及润滑剂的选择见表9-167。

表9-167 润滑剂和润滑方式的选择

圆周速度/(m·s^{-1})	传动结构形式	润滑剂种类	润滑方式	特　点
≤2.5	开式	黏附性润滑剂①	涂抹润滑	密封简单，不易漏油，散热性能差。必要时可加MoS_2、石墨或EP添加剂
≤4(有时6)		流动性润滑脂②	喷射润滑	
≤8(有时10)				
≤15	闭式	润滑油	油浴润滑。大型齿轮和立式齿轮传动也用喷油润滑	
≤25(有时30)				带薄板油盆和散热片的油浴润滑
>25(有时30)			喷油润滑	
≤40			油雾润滑	用于轻载、间歇工作

① 黏附性润滑剂一般在润滑部位不能流动。

② 也可用油浴（浅油盆）润滑，但尽可能加防护罩。

2. 润滑油黏度及选择

润滑油黏度的选择见图9-63和表9-168～表9-172。

3. 工业用润滑油黏度牌号及分类

工业用润滑油黏度牌号分类及各黏度牌号在不同黏度指数和不同温度时的运动黏度列于表9-173。

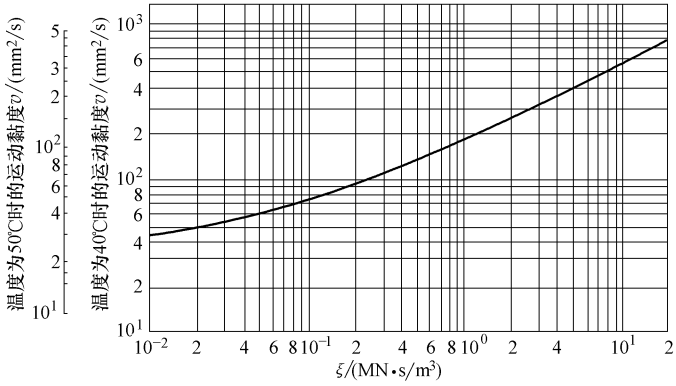


图9-63 圆柱齿轮传动润滑油黏度的选择

表9-168 载荷特性对黏度的修正（黏度增加值）

齿面硬度	载荷冲击程度			
	平稳	轻微	中等	强烈
≤350HBW	0	增加相邻黏度等级差值的30%以下	增加相邻黏度等级差值的60%以下	增加一个黏度等级或更换油品种类
>350HBW	0	增加相邻黏度等级差值的20%以下	增加相邻黏度等级差值的40%以下	

注：载荷冲击程度的分类可参考减速齿轮传动使用系数 K_A 来确定。

表9-169 温度及齿面硬度对黏度的修正

条件		黏度修正
工作温度	50～80℃	增加一个黏度等级
	80～150℃	增加两个黏度等级
环境温度	25℃以上	温度每升高10℃，黏度提高10%
	10℃以下	温度每降低3℃，黏度降低10%
齿面硬度	≤350HBW	轻微冲击载荷，增加相邻黏度牌号差值的30%以下 中等冲击载荷，增加相邻黏度牌号差值的60%以下 严重冲击载荷，增加一个黏度牌号
	>350HBW	轻微冲击载荷，增加相邻黏度牌号差值的20%以下 中等冲击载荷，增加相邻黏度牌号差值的40%以下 严重冲击载荷，增加一个黏度牌号

表9-170 材料及传动方式对黏度修正的说明

条　　件	黏度修正
配对齿轮未经硬化，又是同样钢材制造，或选用Ni-Cr钢制造	黏度应提高35%左右
齿面经过磷化处理、硫化处理或镀铜	黏度度最多可降低25%
锥齿轮传动，应以齿宽中点处当量圆柱齿轮的几何参数为基准	
在二级齿轮传动中，以末级（低速级）传动为基准；在三级齿轮传动中，以第二、第三级所需强度的平均值为基准；在多级齿轮传动中也可作相类似的处理	

表 9-171　开式齿轮连续润滑时的运动黏度值（100℃）

环境温度/℃	齿轮的运动特点	压力润滑		飞溅润滑		浸油(脂)润滑
		圆周速度 v_1/(m/s)				
		<5	>5	<5	5~10	<1.5
-9~16	连续工作	16~21	10~16	16~21	10~16	32~54
	正反转或经常起动停车	16~21	10~16	26~32	22~26	32~54
10~52	连续工作	26~32	22~26	26~32	22~26	85~130
	正反转或经常起动停车	36~32	22~26	40~35	32~41	85~130

表 9-172　开式齿轮间歇润滑时的运动黏度值（100℃）　　(mm^2/s)

环境温度/℃	机械喷射		滴油
	含中极压添加剂的开式齿轮油	重质(沥青质)开式齿轮油	含中极压添加剂的开式齿轮油
-10~15	—	215~650	—
5~40	110~125	660~2200	110~125
20~50	18~215	660~2200	180~215

表 9-173　工业用润滑油黏度牌号分类及各黏度牌号在不同黏度指数和不同温度时的运动黏度

GB/T 3141 采用的黏度牌号	ISO 采用的黏度牌号	运动黏度范围/($mm^2 \cdot s^{-1}$)	在不同黏度指数和不同温度时的运动黏度/($mm^2 \cdot s^{-1}$)						
			黏度指数(Ⅵ)=50			黏度指数(Ⅵ)=95			
		40℃	20℃	37.8℃	50℃	20℃	37.8℃	50℃	100℃
22	ISOVG22	19.8~24.2	51.0~65.8	21.7~26.6	13.6~16.3	48.0~61.7	21.6~26.5	13.9~16.6	4.00~4.50
32	ISOVG32	28.8~35.2	82.6~108	31.9~39.2	19.0~22.6	76.9~98.7	31.7~38.9	19.4~23.3	4.97~5.60
46	ISOVG46	41.4~50.6	133~172	46.3~56.9	26.1~31.3	120~153	45.9~56.3	27.0~32.3	6.22~7.05
68	ISOVG68	61.2~74.8	219~283	69.2~85.0	37.1~44.4	193~244	68.4~83.9	38.7~46.6	7.96~9.09
100	ISOVG100	90.0~110	356~454	103~126	52.4~63.0	303~383	101~124	55.3~66.6	10.3~11.8
150	ISOVG150	135~165	583~743	155~191	75.9~91.2	486~614	153~188	80.6~97.1	13.5~15.5
220	ISOVG220	198~242	927~1180	230~282	108~129	761~964	226~277	115~138	17.5~19.9
320	ISOVG320	288~352	1460~1870	337~414	151~182	1180~1500	331~406	163~196	23.3~25.4
460	ISOVG460	414~506	2290~2930	488~599	210~252	1810~2300	478~587	228~274	28.3~32.2
680	ISOVG680	612~748	3700~4740	728~894	300~360	2880~3650	712~874	326~393	36.5~41.5
1000	ISOVG1000	900~1100	5960~7640	1080~1330	425~509	4550~5780	1050~1290	466~560	46.6~52.9
1500	ISOVG1500	1350~1650	9850~12600	1640~2010	613~734	7390~9400	1590~1960	676~812	60.1~68.1

4. 闭式齿轮传动的润滑技术（摘自 JB/T 8831—2001）

工业闭式齿轮润滑油种类的选择见表 9-174。

表 9-174　工业闭式齿轮润滑油种类的选择

条件		推荐使用的工业闭式齿轮润滑油
齿面接触应力 σ_H/MPa	齿轮使用工况	
<350	一般齿轮传动	抗氧防锈工业齿轮油(L-CKB)
350~500（轻负荷齿轮）	一般齿轮传动	抗氧防锈工业齿轮油(L-CKB)
	有冲击的齿轮传动	中负荷工业齿轮油(L-CKC)
500~1100①（中负荷齿轮）	矿井提升机、露天采掘机、水泥磨、化工机械、水力电力机械、冶金矿山机械、船舶海港机械等的齿轮传动	中负荷工业齿轮油(L-CKC)
>1100（重负荷齿轮）	冶金轧钢、井下采掘、高温有冲击、含水部位的齿轮传动等	重负荷工业齿轮油(L-CKD)

（续）

条件		推荐使用的工业闭式齿轮润滑油
齿面接触应力 σ_H /MPa	齿轮使用工况	
<500	在很低的、低的或更高的环境温度和轻负荷下运转的齿轮传动	极温工业齿轮油(L-CKS)
≥500	在很低的、低的或更高的环境温度和重负荷下运转的齿轮传动	极温重负荷工业齿轮油(L-CKT)

① 在计算出的齿面接触应力略小于1100MPa时，若齿轮工况为高温、有冲击或含水等，为安全计，应选用重负荷工业齿轮油。

高速齿轮润滑油种类的选择见表9-175。

表9-175 高速齿轮润滑油种类的选择

条件		推荐使用的高速齿轮润滑油
齿面接触负荷系数 K	齿轮使用工况	
硬齿面齿轮①：$K<2$ 软齿面齿轮②：$K<1$	不接触水、蒸汽或氨的一般高速齿轮传动	防锈汽轮机油
	易接触水、蒸汽或海水的一般高速齿轮传动，如与蒸汽轮机、水轮机、涡轮鼓风机相连的高速齿轮箱，海洋航船、汽轮机齿轮箱等	防锈汽轮机油
	在有氨的环境气氛下工作的高速齿轮箱，如大型合成氨化肥装置离心式合成气压缩机、冷冻机及汽轮机齿轮箱等	抗氨汽轮机油
硬齿面齿轮①：$K\geq2$ 软齿面齿轮②：$K\geq1$	要求改善齿轮承载能力的发电机、工业装置和船舶高速齿轮装置	极压汽轮机油

① 硬齿面齿轮：≥45HRC。

② 软齿面齿轮：≤350HBW。

润滑油的黏度等级的选择：可根据计算出的低速级齿轮节圆圆周速度和环境温度，参考表9-176可确定所选润滑油的黏度等级。

表9-176 工业闭式齿轮装置润滑油黏度等级的选择

平行轴及锥齿轮传动	环境温度/℃			
低速级齿轮节圆圆周速度②	−40～−10	−10～+10	10～35	35～55
/(m·s^{-1})	润滑油黏度等级①，$\nu_{40℃}$/(mm^2·s^{-1})			
≤5	100(合成型)	150	320	680
>5～15	100(合成型)	100	220	460
>15～25	68(合成型)	68	150	320
>25～80③	32(合成型)	46	68	100

① 当齿轮节圆圆周速度≤25m/s时，表中所选润滑油黏度等级为工业闭式齿轮油。

当齿轮节圆圆周速度>25m/s时，表中所选润滑油黏度等级为汽轮机油。

当齿轮传动承受较严重冲击负荷时，可适当增加一个黏度等级。

② 锥齿轮传动节圆圆周速度是指锥齿轮齿宽中点的节圆圆周速度。

③ 当齿轮节圆圆周速度>80m/s时，应由齿轮装置制造者特殊考虑并具体推荐一合适的润滑油。

9.5 蜗杆传动

蜗杆传动是由一个带有螺纹的蜗杆和一个带有齿的蜗轮组成，它用于传递两交错轴之间的回转运动和动力，为了便于加工通常两轴的交角为90°。蜗杆传动广泛应用于各种机器和

仪器设备中，传动时一般蜗杆为主动件，蜗轮为从动件。

9.5.1　基本设计计算方法

9.5.1.1　蜗杆传动的类型及应用

1. 蜗杆传动的特点

1）传动比大：蜗杆传动单级传动比大，例如机床的分度机构传动比可达1000，因此，可实现大的减速、大的增大转矩的目的。

2）传动平稳、噪声小：由于蜗杆轮齿是连续不断的螺旋齿，它与蜗轮轮齿是逐渐进入啮合、逐渐脱离啮合，故传动平稳、噪声小。

3）结构紧凑：在实现同样传动比的情况下，是结构最紧凑的传动件。

4）自锁性好：当蜗杆的导程角小于当量摩擦角时可实现反向自锁，即具有自锁性。

5）效率低：因为传动时啮合齿面间相对滑动速度大，故摩擦损失大，效率低。所以在传动设计时需要考虑散热问题；蜗杆传动不宜用于大功率传动（尤其在大传动比时）。但为了减轻齿面的磨损及防止胶合，蜗轮一般使用贵重的减摩材料制造，故成本高。对制造和安装误差较为敏感，安装时对中心距的尺寸精度要求较高。

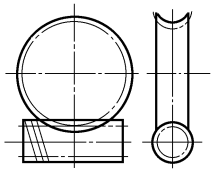
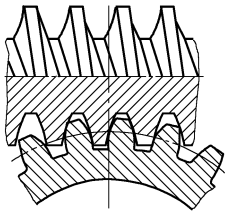
2. 蜗杆传动的类型特点及应用

按蜗杆螺旋线方向不同，蜗杆传动有右旋和左旋之分。除特殊需要外，一般都采用右旋。两者工作原理和设计方法均相同。

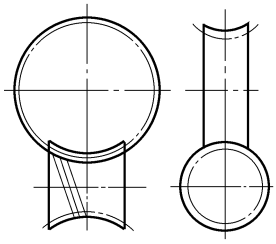
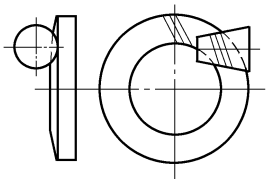
按蜗杆头数不同，可分为单头蜗杆与多头蜗杆。单头蜗杆主要用于大传动比的场合，要求自锁的蜗杆传动必须采用单头蜗杆。多头蜗杆主要用于传动比不大和要求效率较高的场合。

按蜗杆形状不同，可分为圆柱蜗杆传动、环面蜗杆传动、锥蜗杆传动三类，各类蜗杆传动的特点及应用见表9-177。

表9-177　各类蜗杆传动的特点举例

类型		示意图	特点及应用
圆柱蜗杆传动	阿基米德蜗杆（ZA蜗杆）		ZA蜗杆难以磨削，故精度低，不宜采用硬齿面。用于中小载荷，中小速度及间歇工作场合
	渐开线蜗杆（ZI蜗杆）		ZI蜗杆制造精度高，适于批量生产及大功率、高速和要求精密的多头蜗杆传动。但需用专用机床磨削，应用范围不如阿基米德蜗杆传动
	法向直廓蜗杆（ZN蜗杆）		ZN蜗杆加工简单，可用直母线砂轮磨齿，常用于机床的多头精密蜗杆传动
圆弧圆柱蜗杆（ZC型）			在中间平面内，蜗杆的齿形为凹弧形，而蜗轮的齿形为凸弧形，工作时有利于油膜的形成，因此在基本条件相同时，圆弧圆柱蜗杆传动的承载能力比普通圆柱蜗杆传动高出50%～150%以上。当蜗杆主动时，效率可达95%以上。传递相同功率时，这种蜗杆传动体积小，结构紧凑。它的缺点是传动的中心距难于调整，对中心距的误差较敏感。这种传动广泛用于冶金、矿山、化工、建筑、起重等机械设备的减速机构中

（续）

类　型	示　意　图	特点及应用
环面蜗杆		蜗杆体在轴向的外形是以蜗杆轴线为旋转中心、凹圆弧为母线的旋转体。蜗轮的节圆与蜗杆的节弧重合，同时啮合的齿对数多，而且轮齿的接触线与蜗杆齿运动方向近似于垂直，使轮齿的受力得到改善，轮齿间具有良好的油膜形成条件，因此抗胶合能力强、承载能力大、效率高。一般环面蜗杆传动的承载能力是普通圆柱蜗杆传动的2～4倍，效率达85%～90%。但为保证环面蜗杆良好的啮合，对环面蜗杆传动的制造和安装精度的要求较高
锥蜗杆		锥蜗杆是由在节锥上导程角相同的螺旋所形成的，与蜗杆啮合的蜗轮外形类似于曲线齿锥齿轮，所以称为锥蜗杆传动。锥蜗杆传动的特点是：传动比范围大，一般为10～60；同时啮合的点数多，重合度大，承载能力高；润滑条件好，效率高；侧隙便于控制和调整，方便离合；结构紧凑，蜗轮可用淬火钢制成，可节约有色金属；制造安装简便，工艺性好

9.5.1.2　主要参数和几何尺寸计算

9.5.1.2.1　主要参数

1. 模数 m 和压力角 α

蜗杆的轴向模数和蜗轮的端面模数相等且均取为标准模数，即：$m_x = m_t = m$，普通圆柱蜗杆传动的标准模数见表9-180。

阿基米德（ZA型）蜗杆的轴向压力角等于蜗轮的端面压力角，等于标准压力角，即：$\alpha_x = \alpha_t = 20°$。其他类型的蜗杆传动蜗杆的法向压力角为标准压力角，即 $\alpha_n = 20°$，蜗杆的轴向压力角和法向压力角的关系为：$\tan\alpha_x = \dfrac{\tan\alpha_n}{\cos\gamma}$。

2. 蜗杆分度圆直径 d_1、蜗杆直径系数 q、蜗轮分度圆直径 d_2

在蜗杆传动中，为了保证蜗杆与配对的蜗轮正确啮合，常用与蜗杆具有相同尺寸的蜗轮滚刀来范成加工与其配对的蜗轮。这样，只要有一种尺寸的蜗杆，就需要有一种对应的蜗轮滚刀。对于同一模数，可以有很多不同直径的分度圆直径的蜗杆，因而对每一模数就需要配备很多蜗轮滚刀，这样很不经济。为了限制蜗轮滚刀的数目及便于滚刀的标准化，就对每一标准模数规定了一定数量的蜗杆分度圆直径 d_1。

蜗杆直径 d_1 与模数 m 的比值称为蜗杆的直径系数 q：$q = \dfrac{d_1}{m}$

由于 d_1 与 m 值均为标准值，所以到出的 q 不一定是整数。

蜗轮分度圆直径的确定和齿轮的相同，即：$d_2 = mz_2$

3. 传动比 i 和齿数比 u

传动比：$i = \dfrac{n_1}{n_2}$；齿数比：$u = \dfrac{z_2}{z_1}$。

式中　n_1、n_2——蜗杆、蜗轮的转速；

z_1、z_2——蜗杆和蜗轮的齿数。

当蜗杆为主动时，传动比为：$i=\frac{n_1}{n_2}=\frac{z_2}{z_1}=u$。

4. 蜗杆分度圆上的导程角 γ

如图 9-64 将分度圆上的螺旋线展开，可知蜗杆分度圆上的导程角 γ 由下式确定：

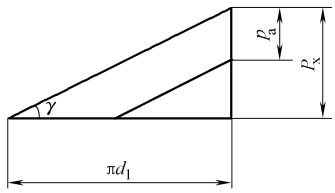


图 9-64　蜗杆螺旋线的几何关系

$$\tan\gamma=\frac{z_1P_x}{\pi d_1}=\frac{mz_1}{d_1}=\frac{z_1}{q}$$

通常 $\gamma=3.5°\sim27°$。

5. 蜗杆传动的滑动速度 v_s

如图 9-65 所示，蜗杆与蜗轮的啮合齿面间会产生很大的齿向相对滑动速度 v_s：$v_s=\frac{v_1}{\cos\gamma}=\frac{\pi d_1 n_1}{60\times1000\times\cos\gamma}$

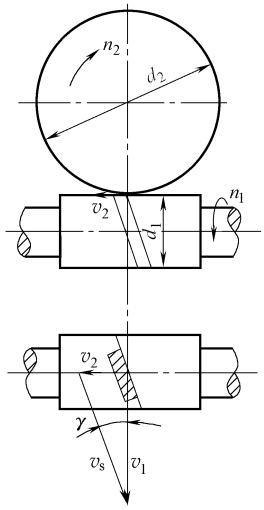


图 9-65　滑动速度

6. 蜗杆传动的啮合效率 η_1

蜗杆主动时啮合效率为：$\eta_1=\frac{\tan\lambda}{\tan(\gamma+\rho_v)}$

式中：γ 为蜗杆的导程角，它是影响啮合效率的主要因素；ρ_v 为当量摩擦角，$\rho_v=\arctan f_v$，f_v 为当量摩擦因数，其值取决于蜗杆、蜗轮的材料及滑动速度 v_s，在润滑条件良好的情况下，v_s 有助于润滑油膜的形成，从而降低 f_v 值，提高传动效率。f_v、ρ_v 的值可查表 9-181。

7. 蜗杆传动的标准中心距 a

蜗杆传动的标准中心距为

$$a=\frac{1}{2}(d_1+d_2)=\frac{1}{2}(q+z_2)m$$

式中　d_1、d_2——蜗杆、蜗轮的分度圆直径；

q——蜗杆直径系数；

z_2——蜗轮的齿数；

m——蜗杆传动的模数。

9.5.1.2.2　几何尺寸设计

1. 几何尺寸计算

普通圆柱蜗杆传动的几何尺寸见图 9-66，主要几何尺寸计算公式见表 9-182 及表 9-183。

2. 蜗杆传动的变位简介

变位蜗杆传动主要用于配凑中心距或改变传动比，使之符合推荐值。变位方法即不改变刀具尺寸，利用刀具相对蜗轮毛坯的径向位移来实现变位。但是在蜗杆传动中，由于蜗杆的齿廓形状和尺寸要与加工蜗轮的滚刀形状和尺寸相同，所以为了保持刀具尺寸不变，蜗杆尺寸是不能变动的，因而只能对蜗轮进行变位。其变位特点是蜗杆变位前后齿顶圆、齿根圆、分度圆、齿厚的尺寸不变，变位后分度圆与节圆不重合；蜗轮变位前后节圆与分度圆始终重合，其他尺寸有变化。

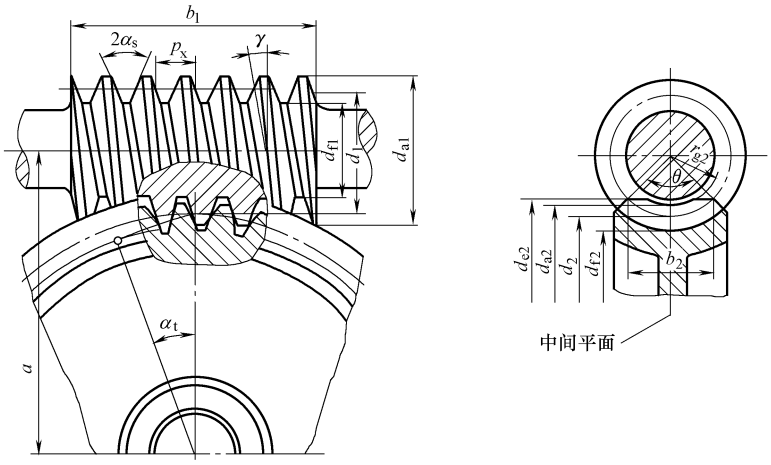


图 9-66　普通圆柱蜗杆传动的几何尺寸

（1）调整中心距而不改变传动比的变位

这种变位前后蜗轮齿数保持不变，即 $z_2' = z_2$，而传动的中心距发生变化，即 $a' \neq a$，变位后蜗杆与蜗轮的节圆直径分别为

$$d_1' = d_1 + 2mx_2$$
$$d_2' = d_2 = mz_2$$

变位后的中心距 a' 为

$$a' = a + x_2 m = \frac{d_1' + d_2'}{2} = \frac{m}{2}(q + 2x_2 + z_2)$$

据此可求出变位系数 x_2 为

$$x_2 = \frac{a' - a}{m} = \frac{a'}{m} - \frac{q + z_2}{2}$$

a'、z_2' 分别为变位后的中心距和蜗轮齿数，x_2 为蜗轮变位系数。

蜗轮变位系数常用范围为 $-0.5 \leqslant x_2 \leqslant +0.5$。

（2）调整传动比而不改变中心距的变位

这种变位前后传动的中心距保持不变，即 $a' = a$，而蜗轮齿数发生变化，即 $z_2' \neq z_2$，通常将蜗轮齿数增加或减小一个或二个齿，这时，传动的啮合节点发生了改变，中心距可表示为

$$a' = \frac{d_1' + d_2'}{2} = \frac{m}{2}(q + 2x_2 + z_2') = a = \frac{m}{2}(q + z_2)$$

故：$z_2' = z_2 - 2x_2$，则：$x_2 = \dfrac{z_2 - z_2'}{2}$。

9.5.1.3　失效形式和设计准则

蜗杆传动的失效形式与齿轮传动相同，有点蚀、胶合、磨损、轮齿折断等，但因蜗杆和蜗轮轴线互相垂直，因而齿面间相对滑动速度大，效率低，发热量大，蜗杆传动更容易发生胶合和磨损失效。由于蜗杆的齿是连续的螺旋齿，且其材料的强度比蜗轮高，所以失效一般发生在蜗轮齿上。

对闭式传动，主要形式是胶合和疲劳点蚀，设计准则：按蜗轮齿面的接触疲劳强度进行设计，校核齿根弯曲疲劳强度。另外还应进行热平衡计算以防止胶合失效。当蜗杆轴细长且

支承跨距大时，还应进行蜗杆轴的刚度计算。

对开式传动，主要形式是蜗轮齿面磨损和轮齿折断，因此应按蜗轮齿根的弯曲疲劳强度进行设计。

9.5.1.4　蜗杆传动的受力分析

1. 力的大小

图 9-67 所示是以右旋蜗杆为主动件，并沿图示的方向旋转时，蜗杆、蜗轮齿面上的受力情况。设法向力 F_n 集中作用在节点 P 处，F_n 可分解为 3 个正交力：圆周力、轴向力和径向力，蜗杆上分别为 F_{t1}、F_{a1}、F_{r1}；蜗轮上分别为 F_{t2}、F_{a2}、F_{r2}。当蜗杆轴与蜗轮轴的轴交角为90°时，由力的作用与反作用原理可知，F_{t1}与F_{a2}，F_{a1}与F_{t2}，F_{t1}与F_{r2}分别为大小相等、方向相反的力。

$$F_{t1} = -F_{a2} = \frac{2T_1}{d_1}$$

$$F_{t2} = -F_{a1} = \frac{2T_2}{d_2}$$

$$F_{r1} = -F_{r2} = F_{t2}\tan\alpha$$

$$T_2 = T_1 i\eta = 9.55 \times 10^6 \frac{P}{n_1} \times i \times \eta$$

$$F_n \approx \frac{F_{t2}}{\cos\alpha\cos\gamma} = \frac{2T_2}{d_2\cos\alpha\cos\gamma}$$

式中　T_1、T_2——蜗杆、蜗轮的转矩（N · mm）；

i——传动比；

η——传动效率；

d_1、d_2——蜗杆和蜗轮的分度圆直径（mm）；

α——压力角，为 20°；

γ——蜗杆分度圆上的导程角。

2. 力的方向

蜗杆上圆周力、径向力和蜗轮上径向力方向的判别，方法与直齿圆柱齿轮传动相同；蜗杆上的轴向力的方向取决于其螺旋线的旋向和蜗杆的转动方向，可按“主动轮右（左）手法则”确定，右旋用右手，左旋用左手，如图 9-67 所示。蜗轮上圆周力、轴向力的方向分别与蜗杆上轴向力、圆周力方向相反。蜗轮的转动方向与 F_{t2}的方向一致。

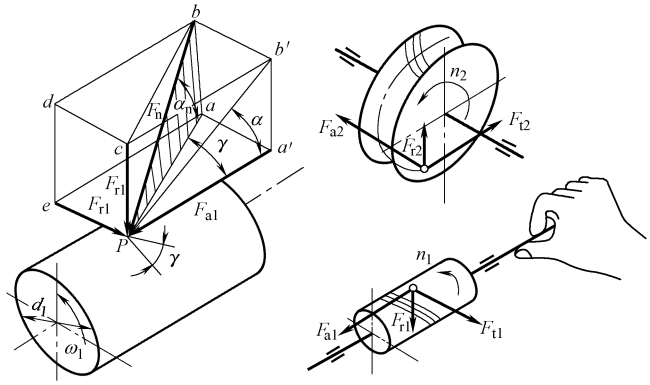


图 9-67　蜗杆传动的受力分析

9.5.1.5　蜗杆传动的强度计算

因蜗轮材料比蜗杆材料软，强度低，因此失效通常发生在蜗轮，只需计算蜗轮。闭式蜗杆传动的强度主要取决于蜗轮轮齿的齿面接触疲劳强度和齿根弯曲疲劳强度；开式传动仅取

决于蜗轮轮齿的齿根弯曲疲劳强度。

1. 蜗轮齿面接触疲劳强度计算

蜗杆传动在中间平面类似于斜齿轮与斜齿条的传动，故可依据赫兹接触应力公式仿照斜齿轮的分析方法计算蜗轮齿面的接触应力，并对其进行限制，以防止点蚀的发生。

蜗轮齿面接触疲劳强度的校核式：

$$\sigma_H = 3.1 Z_E \sqrt{KT_2/d_1 d_2^2 \cos\gamma} \leqslant [\sigma_H]$$

蜗轮齿面接触疲劳强度的设计公式为

$$m^2 d_1 \geqslant 9.6 KT_2 \cos\gamma (Z_E/(z_2[\sigma_H]))^2$$

式中 K——载荷系数，$K = K_A K_\beta K_v$，其中 K_A 为使用系数，查表9-184，K_β 为齿向载荷分布系数，当蜗杆在平稳载荷下工作时，载荷分布不均现象将由于工作表面良好的磨合而得到改善，此时，可取 $K_\beta = 1$，当载荷变化较大，或有冲击、振动时，可取 $K_\beta = 1.3 \sim 1.6$，K_v 为动载系数，由于蜗杆传动一般较平稳，动载荷要比齿轮传动的小得多，故对于精密制造，且蜗轮圆周速度 $v \leqslant 3\text{m/s}$ 时，取 $K_v = 1.0 \sim 1.1$，$v_2 > 3\text{m/s}$ 时，取 $K_v = 1.1 \sim 1.2$；

Z_E——材料系数，查表9-185。

$\cos\gamma$——查表9-186；

$[\sigma_H]$——蜗轮材料的许用接触应力（MPa），其值取决于蜗轮材料的强度和性能，当材料为锡青铜（$\sigma_B < 300\text{MPa}$）时，蜗轮主要为接触疲劳失效，其许用应力 $[\sigma_H]$ 与应力循环次数 N 有关，$[\sigma_H] = Z_N[\sigma_{0H}]$，$[\sigma_{0H}]$ 见表9-187；$Z_N = \sqrt[8]{10^7 N}$称为寿命系数，N 的计算方法与齿轮的计算方法相同，但是当 $N > 25 \times 10^7$ 时，取$N = 25 \times 10^7$；当 $N < 2.6 \times 10^5$ 时，取 $N = 2.6 \times 10^5$，当蜗轮材料为铝青铜或铸铁（$\sigma_B \geqslant 300\text{MPa}$），蜗轮主要为胶合失效，其许用应力 $[\sigma_H]$ 与滑动系数有关而与应力循环次数 N 无关，其值可直接由表9-188查取。

计算出蜗杆传动的 $m^2 d_1$ 后，可从表9-180中选择大于且接近的 $m^2 d_1$ 值，以及相应的蜗杆、蜗轮的 m 和分度圆直径 d_1。

2. 蜗轮齿根弯曲疲劳强度计算

当蜗轮齿数 $z_2 > 90$ 或开式传动中，蜗轮轮齿常因弯曲强度不足而失效。在闭式蜗杆传动中必须进行弯曲强度的校核计算，因为蜗轮轮齿的弯曲强度不只是为了判别其弯曲断裂的可能性，对于承受重载的动力蜗杆副，蜗轮轮齿的弯曲变形量直接影响到蜗杆副的运动平稳性精度。

由于蜗轮的形状较复杂，且离中间平面越远的平行截面上轮齿越厚，故其齿根弯曲强度高于斜齿轮。因此，蜗轮轮齿的弯曲疲劳强度难于精确计算，只能进行条件性的估算。按照斜齿圆柱齿轮的计算方法，经推导可得蜗轮齿根弯曲疲劳强度的校核公式：

$$\sigma_F = \frac{1.53KT_2}{d_1 d_2 m} Y_{Fa2} Y_\beta \leqslant [\sigma_F]$$

将 $d_2 = mz_2$ 带入上式并整理，得设计式：

$$m^2 d_1 \geqslant \frac{1.53KT_2}{z_2[\sigma_F]} Y_{Fa2} Y_\beta$$

式中 $[\sigma_F]$——蜗轮的许用弯曲应力（MPa），$[\sigma_F] = [\sigma_{0F}] Y_N$，$[\sigma_{0F}]$ 见表9-189；Y_N

为寿命系数，$Y_N = \sqrt[9]{10^6/N}$，N 为应力循环次数，计算方法同前，当 $N > 25\times10^7$ 时，取$N=25\times10^7$；当 $N<10^5$ 时，取 $N=10^5$；

Y_{Fa2}——齿形系数，按蜗轮当量齿数 $z_{v2}=z/\cos^3\gamma$ 及蜗轮的变位系数，查图 9-74；

Y_β——螺旋角系数，$Y_\beta=1-\gamma/140°$。

3. 蜗杆轴的刚度计算

如果蜗杆刚度不足，受载后产生过大的变形，就会影响正确啮合，造成偏载，加剧磨损。因此，对于受力后会产生较大变形的蜗杆，必须进行蜗杆弯曲刚度的校核计算。校核时通常将蜗杆螺旋部分看成以蜗杆齿根圆直径为直径的轴段，采用条件性计算，其刚度条件为

$$y=\frac{\sqrt{F_{t1}^2+F_{r1}^2}}{48EI}l^3\leqslant[y]$$

式中 y——蜗杆弯曲变形的最大挠度（mm）；

I——蜗杆危险截面的惯性矩（mm^4），$I=\pi d_{f1}^4/64$，其中 d_{f1} 为蜗杆齿根圆直径（mm）；

E——蜗杆材料的弹性模量，通常 $E=2.06\times10^5$MPa；

l——蜗杆两端支承间的跨距（mm），视具体结构而定，初步计算时可取 $l\approx0.9d_2$，d_2 为蜗轮分度圆直径；

$[y]$——蜗杆许用最大挠度（mm），通常取 $[y]=d_1/1000$，此处 d_1 为蜗杆分度圆直径。

4. 蜗杆传动的热平衡计算

蜗杆传动由于齿面相对滑动速度大，工作时摩擦发热严重，尤其在闭式传动中，如果箱体散热不良，润滑油的温度过高将降低润滑的效果，从而增大摩擦损失，甚至发生胶合。为了使油温保持在允许范围内，防止胶合的发生，必须进行热平衡的计算。

在热平衡状态下，蜗杆传动单位时间内由摩擦功耗产生的热量等于箱体散发的热量，即：

$$1000P(1-\eta)=K_sA(t_i-t_0)$$

$$t_i=\frac{1000P(1-\eta)}{K_sA}+t_0$$

式中 P——蜗杆传递的功率（kW）；

K_s——箱体表面传热系数，即单位箱体面积、单位温差吸收或放出热量，可取 $K_s=8.15\sim17.45$W/(m^2·℃)，当周围空气流通良好时，取偏大值；

t_0——周围空气的温度，通常取 $t_0=20$℃；

t_i——热平衡时油的工作温度，一般限制在 60～70℃，最高不超过 80℃；

A——箱体有效散热面积（m^2），即箱体内表面能被润滑油浸到或飞溅到、而外表面直接与空气接触的箱体表面积，如果箱体有散热片，则有效面积按原面积的 1.5 倍估算，对于散热片布置良好的固定式蜗杆减速器，其散热面积可按 $A=9\times10^{-5}a^{1.88}$估算，其中 a 为中心距（mm）。

当油温超过 80℃时，说明散热面积不足，可用以下散热措施提高散热能力：

1）加散热片，增加散热面积。采用散热片时，为保持正常工作的油温所需的总散热面

积为

$$A=\frac{1000P(1-\eta)}{K_s(t_i-t_0)}$$

2）在蜗杆轴端加装风扇，提高表面传热系数：如图9-68a所示，加装风扇时表面传热系数K_s'可按表9-178选取。此时，总功耗加大，传动总效率η除了考虑啮合效率η_1，轴承效率η_2，搅油效率η_3外，还应考虑风扇效率η_4。

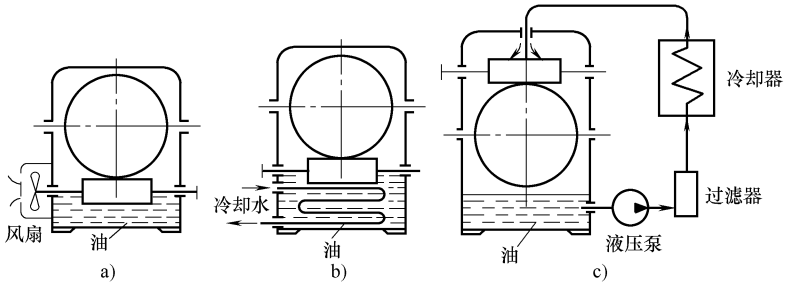


图9-68　蜗杆传动的散热方法

表9-178　风冷时的表面传热系数

蜗杆转速	750	1000	1250	1550
K_s'/(W·m^{-2}·℃$^{-1}$)	27	31	35	38

风扇功耗ΔP_F（kW）为

$$\Delta P_F=1.5v_F^3\times10^{-5}$$

式中　v_F——风扇叶轮的圆周速度（m/s），$v_F=\pi D_F n_F/(60\times1000)$，其中，$D_F$为风扇叶轮外径（mm），$n_F$为风扇转速（r/min）。

风扇效率为

$$\eta_4=(P-\Delta P_F)/P$$

此时蜗杆传动的总效率为$\eta=\eta_1\eta_2\eta_3\eta_4$，因此由摩擦功耗所产生的热量$H_1$（W）为

$$H_1=1000P(1-\eta)$$

散发到空气中的热量H_2（W）为

$$H_2=(K_s'A_1+K_sA_2)(t_i-t_0)$$

式中　A_1、A_2——风冷面积及自然冷却面积（m^2）；其他符号意义同前。

加装风扇后达到热平衡时的工作油温为

$$t_i=\frac{1000P(1-\eta)}{K_s'A_1+K_sA_2}+t_0$$

3）加循环冷却设施：图9-68b所示，在油池中安装循环蛇形冷却水管，使冷水和油池中热油进行热交换，以降低油温。

4）外冷却喷油润滑：如图9-68c所示，通过外冷却器，将热油冷却后直接喷到蜗杆啮合区，从而降低热平衡时的工作温度。

5. 蜗杆传动设计计算流程

蜗杆传动设计计算流程如图9-69所示。

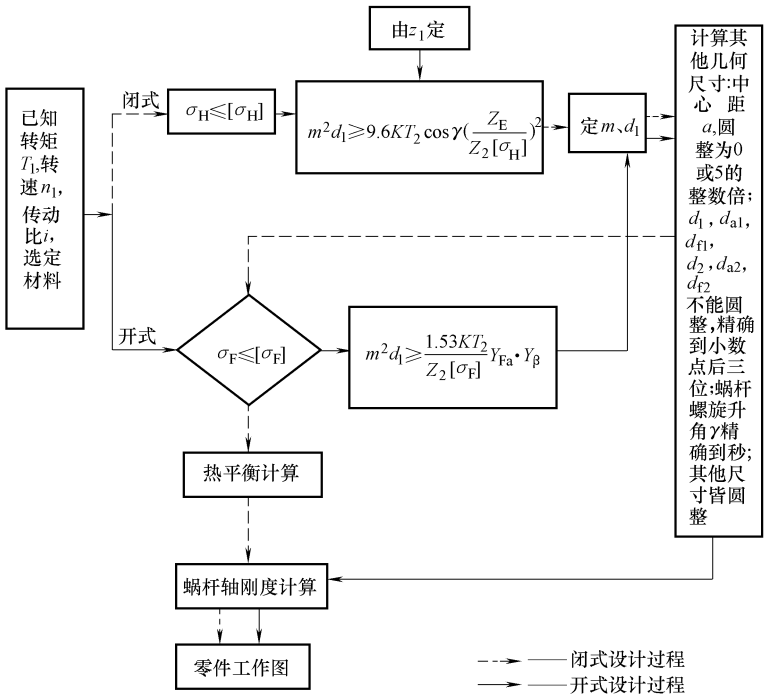


图 9-69　蜗杆传动设计计算流程

9.5.1.6　普通蜗杆传动设计计算实例及分析

设计一混料机用的闭式一级蜗杆减速器中的普通圆柱蜗杆传动。已知蜗杆输入功率 $P_1 = 9.6\text{kW}$，蜗杆转速 $n_1 = 1460\text{r/min}$，传动比 $i = 20$，单向转动，载荷稳定，蜗杆减速器每日工作 8 小时，工作寿命 10 年，单件生产。

9.5.1.6.1　设计计算项目及结果

设计项目及依据和计算结果见表 9-179。

表 9-179　设计项目及依据和计算结果

设计项目及依据	设计结果
1. 选定蜗杆类型、材料、精度等级 (1) 类型选择 根据题目要求,选用 ZA 型蜗杆传动(阿基米德蜗杆) (2) 材料选择 考虑蜗杆转速较高且连续工作,单件生产,蜗轮材料选用铸造锡青铜 ZCuSn10Pb1(金属模铸造);蜗杆材料选用 40Cr,表面淬火,硬度 45 ~ 50HRC,材料选择见 9.5.1.6.2 节。 为了节省贵重的有色金属,蜗轮齿圈材料选用 ZCuSn10Pb1,金属模铸造,齿心用灰铸铁 HT100 制造 (3) 精度选择 参考表 9-191,选用 8 级精度 侧隙种类为 c:国家标准按蜗杆传动的最小法向侧隙大小将侧隙种类分为八种:a、b、c、d、e、f、g 和 h。最小法向侧隙值以 a 为最大,h 为零,其他依次减少。蜗杆传动的侧隙应根据使用要求用侧隙种类的代号(字母)表示,本例减速器属于一般各种条件,因此选用中等侧隙:侧隙种类为 c(GB/T 10089—1988)	选用 ZA 型蜗杆传动 蜗杆选用 40Cr,表面淬火,齿面硬度 45 ~ 50HRC 蜗轮齿圈 ZCuSn10Pb1,金属模铸造 齿心用灰铸铁 HT100 8c

（续）

设计项目及依据	设计结果
2. 选定蜗杆头数和蜗轮齿数 蜗杆头数 $z_1=2$（z_1 通常由传动比 i 推荐选用如 $i=14\sim30, z=2$；$i=29\sim80, z_1=1$），本例 $i=20$，因此 $z_1=2$ 则蜗轮齿数 $z_2=2\times20=40$	$z_1=2$ $z_2=40$
3. 确定模数和蜗杆分度圆直径 （1）因为闭式传动，主要失效形式为疲劳点蚀，因此按蜗轮齿面接触疲劳强度计算 m^2d_1，即计算出模数和蜗杆分度圆直径。 1）确定许用接触应力 由表9-187查得 $[\sigma_{0H}]=268\text{MPa}$ 计算应力循环次数：$N=60\gamma n_1t_h=60\times\frac{1460}{20}\times1\times8\times300\times10=1.05\times10^8$ 寿命系数，$Z_N=\sqrt[8]{10^7/N}=0.75$ 许用接触应力 $[\sigma_H]=Z_N\times[\sigma_{0H}]=0.75\times268\text{MPa}=201\text{MPa}$ 2）确定公式中的系数，$K=K_AK_vK_\beta$ 查表9-184，取使用系数 $K_A=1$ 根据9.5.1.5节的内容，$K_v=1, K_\beta=1$；（K_v 为动载系数，假设蜗轮圆周速度 $v_2\leqslant3\text{m/s}$，取 $K_v=1.0\sim1.1$，本例取1；K_β 为齿向载荷分布系数，当蜗杆传动在平稳载荷下工作时取 $K_\beta=1$）。 $K=K_AK_vK_\beta=1\times1\times1=1$ 查表9-186：$\cos\gamma=0.978$ 3）计算 m^2d_1 计算蜗轮转矩，估取 $\eta_1=0.85$ $T_2=T_1i(u)\eta_1=9.55\times10^6\times\frac{9.6}{1460}\times20\times0.85\text{N}\cdot\text{mm}=1.07\times10^6\text{N}\cdot\text{mm}$ 计算 m^2d_1： $m^2d_1\geqslant9.6KT_2\cos\gamma(Z_E/(z_2[\sigma_H]))^2$ $\geqslant9.6\times1\times1.07\times10^6\times0.978\times(155/(40\times201))^2\text{mm}^3$ $\geqslant3736\text{mm}^3$ 由表9-180：取大于且接近的值为 $m^2d_1=4445.28\text{mm}^3$，与之相配的 $m=6.3\text{mm}, d_1=112\text{mm}$。为了更安全，也可以匹配值取 $m^2d_1=5120\text{mm}^3$，则 $m=8\text{mm}, d_1=80\text{mm}$ $d_2=mz_2=8\times40=320\text{mm}$，本例取后者。	$[\sigma_H]=201\text{MPa}$ $K=1$ $m^2d_1=5120\text{mm}^3$ $m=8\text{mm}$ $d_1=80\text{mm}$ $d_2=320\text{mm}$
（2）校验蜗轮齿的弯曲强度 1）求寿命系数，$Y_N=\sqrt[9]{\frac{10^6}{N}}=\sqrt[9]{\frac{10^6}{1.05\times10^8}}=0.596$ 由表9-189查得 $[\sigma_{0F}]=56\text{MPa}$，所以 $[\sigma_F]=[\sigma_{0F}]Y_N=56\times0.596\text{MPa}=33.4\text{MPa}$ 2）求螺旋角系数 $Y_\beta=1-\frac{\gamma}{120°}$ $\gamma=\arctan\frac{mz_1}{d_1}=\arctan=\frac{8\times2}{80}=11.3°=11°18'$ $Y_\beta=1-\frac{\gamma}{120°}=1-\frac{11.3}{120}=0.906$ 3）求蜗轮的齿形系数 Y_{Fa2} 蜗轮当量齿数 $z_{v2}=z_2/\cos^3\gamma=\frac{40}{\cos^3 11.3°}=44.2$，查图9-74得齿形系数 $Y_{Fa2}=2.43$。 4）校核齿根弯曲疲劳强度 $\sigma_F=\frac{1.53KT_2}{d_1d_2m}Y_{Fa2}Y_\beta\leqslant[\sigma_{F2}]$ $=\frac{1.53\times1\times1.07\times10^6}{80\times320\times8}\times2.43\times0.906\approx18\text{MPa}<[\sigma_F]=33.4\text{MPa}$	$Y_N=0.596$ $[\sigma_F]=33.4\text{MPa}$ $\gamma=11°18'$ $Y_\beta=0.906$ $Y_{Fa2}=2.43$ $\sigma_F<[\sigma_F]$

（续）

设计项目及依据	设计结果
4. 计算蜗轮圆周 v_2 速度及相对滑动速度 v_s $v_2=\frac{\pi d_2 n_2}{60\times1000}=\frac{\pi\times320\times1460/20}{60\times1000}\text{m/s}=1.2\text{m/s}$ $v_s=\frac{v_1}{\cos\gamma}=\frac{\pi d_1 n_1}{60\times1000\times\cos\gamma}=\frac{3.14\times80\times1460}{60\times1000\times\cos11.3}\text{m/s}=6.2\text{m/s}$	$v_2=1.2\text{m/s}$ $v_s=6.2\text{m/s}$
5. 计算蜗轮、蜗杆其他尺寸 （1）蜗杆尺寸 由前面计算可知： 蜗杆分度圆直径：$d_1=80\text{mm}$ 蜗杆顶圆直径（表9-182）：$d_{a1}=d_1+2h_a=(80+2\times8)\text{mm}=96\text{mm}$ 蜗杆根圆直径（表9-182）：$d_{f1}=d_1-2(h_{a1}+c^*)=(80-2.4\times8)\text{mm}=60.8\text{mm}$ 蜗杆轴向齿距（表9-182）：$p_x=\pi m=8\pi$ 蜗杆导程（表9-182）：$p_z=z_1p_x=2\times8\pi=16\pi$ 由表9-182：蜗杆齿宽（螺纹长度）$b_1\approx2m\sqrt{z_2+1}=2\times8\sqrt{40+1}\text{mm}=102.5\text{mm}$，取 $b_1=105\text{mm}$	$d_1=80\text{mm}$ $d_{a1}=96\text{mm}$ $d_{f1}=60.8\text{mm}$ $b_1=105\text{mm}$
（2）蜗轮尺寸 蜗轮分度圆直径：$d_2=mz_2=8\times40\text{mm}=320\text{mm}$ 蜗轮顶圆直径：$d_{a2}=d_2+2h_a=(320+2\times8)\text{mm}=336\text{mm}$ 蜗轮根圆直径：$d_{f2}=d_2-2(h_{a2}+c)=(320-2.4\times8)\text{mm}=300.8\text{mm}$ 蜗轮咽喉母圆半径 $r_{g2}=a-d_{a2}/2=(200-336/2)\text{mm}=32\text{mm}$ 蜗轮齿宽建议取 $b_2=2m(0.5+\sqrt{q+1})=2\times8(0.5+\sqrt{10+1})\text{mm}=61.07\text{mm}$ 取 $b_2=62\text{mm}$	$d_2=320\text{mm}$ $d_{a2}=336\text{mm}$ $d_{f2}=300.8\text{mm}$ $b_2=62\text{mm}$
（3）中心距 a：$a=(d_1+d_2)/2=\frac{80+320}{2}\text{mm}=200\text{mm}$ 蜗轮齿宽角：$\theta=2\arcsin(b_2/d_1)=2\arcsin(62/80)=101.6°$	$a=200\text{mm}$
6. 热平衡计算 按滑动速度 $v_s=6.2\text{m/s}$，由表9-181，得当量摩擦角 $\varphi_v=1°17'=1.28°$ 计算传动效率 η： $\eta=0.99\times\frac{\tan11.3°}{\tan(11.3°+1.28°)}=0.895$ 取油的允许温度 $t=80℃$，环境空气温度 $t_0=20℃$。按自然通风条件，取散热系数 $K_s=15$，计算所需的散热面积： $A=\frac{1000P_1(1-\eta)}{K_s(t_i-t_0)}=\frac{1000\times9.6\times(1-0.88)}{15\times(80-20)}\text{m}^2=1.28\text{m}^2$	$\eta=0.895$
7. 蜗杆轴的刚度计算 蜗杆轴的挠度公式： $y=\frac{\sqrt{F_{t1}^2+F_{r1}^2}}{48EI}l^3\leqslant[y]$ 蜗杆转矩：$T_1=9.55\times10^6\frac{P_1}{n_1}=9.55\times10^6\times\frac{9.6}{1460}\text{N}\cdot\text{mm}=6.28\times10^4\text{N}\cdot\text{mm}$ 蜗轮转矩：$T_2=T_1\cdot i\cdot\eta=6.28\times10^4\times20\times0.85\text{mm}=1.07\times10^6\text{N}\cdot\text{mm}$ 蜗杆的圆周力：$F_{t1}=\frac{T_1}{d_1/2}=\frac{6.28\times10^4}{80/2}\text{N}=1570\text{N}$ 蜗杆的径向力：$F_{r1}=F_{t2}\times\tan\alpha=\frac{T_2}{d_2/2}\times\tan\alpha=\frac{1.07\times10^6}{320/2}\times\tan20°=2434\text{N}$	$T_1=6.28\times10^4\text{N}\cdot\text{mm}$ $T_2=1.07\times10^6\text{N}\cdot\text{mm}$ $F_{t1}=1570\text{N}$ $F_{r1}=2434\text{N}$

（续）

设计项目及依据	设计结果
蜗杆的轴向力：$F_{a1}=F_{t2}=\frac{T_2}{d_2/2}=\frac{1.07\times10^6}{320/2}=6688\text{N}$ 代入蜗杆的挠度公式： $y=\frac{\sqrt{F_{t1}^2+F_{r1}^2}}{48EI}l^3=\frac{\sqrt{1570^2+2434^2}}{48\times2.06\times10^5\times\frac{\pi d_{f1}^4}{64}}\times(0.9\times320)^3$ $=\frac{\sqrt{1570^2+2434^2}}{48\times2.06\times10^5\times\frac{\pi\times60.8^4}{64}}\times(0.9\times320)^3$ $\approx0.01\text{mm}<[y]=\frac{d_1}{1000}=\frac{80}{1000}\text{mm}=0.08\text{mm}$ 刚度满足。 式中 I——蜗杆危险截面的惯性矩，$I=\pi d_{f1}^4/64$； E——蜗杆材料的弹性模量，通常 $E=2.06\times10^5\text{MPa}$； l——蜗杆两端支承间的跨距，初步计算时取 $l\approx0.9d_2$，d_2 为蜗轮分度圆直径； $[y]$——蜗杆许用最大挠度，通常取 $[y]=d_1/1000$，此处 d_1 为蜗杆分度圆直径	$F_{a1}=6688\text{N}$ $y<[y]$ 刚度满足
8. 蜗杆及蜗轮的结构设计见 9.5.1.6.3 节。	
9. 蜗杆的零件工作图见 9-72；蜗轮的零件工作图见 9-73。	

9.5.1.6.2 蜗杆传动的材料选择及分析

因为蜗杆传动齿面相对滑动大，因此蜗轮和蜗杆的材料不仅要求有足够的强度，更重要的是配对的材料应具有较好的减摩、耐磨、抗胶合、易跑合的特性。

1. 蜗杆材料

在蜗杆齿面粗糙度满足技术要求的前提下，蜗杆、蜗轮齿面硬度差越大，抗胶合能力越强，通常蜗杆的齿面硬度应高于蜗轮，故用热处理的方法提高蜗杆齿面硬度很重要，这就要求蜗杆材料要具有良好的热处理、切削和磨削性能。

常用的蜗杆材料有碳钢和合金钢两类。按热处理的不同可分为硬面蜗杆和调质蜗杆，设计时应首先考虑选用硬齿面蜗杆，但要注意硬齿面蜗杆制造时必须磨削；在缺乏磨削设备或蜗杆传动承受短期冲击载荷作用时，可选用调质蜗杆。常用蜗杆材料及热处理方法见表9-190。

2. 蜗轮材料

蜗轮材料通常是指蜗轮齿冠部分的材料。考虑到蜗杆传动难于得到高的接触精度，又加滑动速度大，以及蜗杆变形等因素，故蜗杆、蜗轮不能都用硬材料制造，通常蜗轮用减摩性良好的软材料来制造。设计时可根据滑动速度 v_s 选择蜗轮材料，常用的材料有：

1）铸造锡青铜：其耐磨性最好，抗胶合能力高，易加工，用于重要传动，允许的滑动速度 v_s 可达 25m/s，但价格较贵。常用的有 ZCuSn10Pb1，ZCuSn5Pb5Zn5。其中后者常用于 $v_s<12\text{m/s}$ 的传动。

2）铸造铝青铜：强度较高但价格较锡青铜便宜，其他性能均比锡青铜略差，一般用于 $v_s<4\text{m/s}$ 的传动，且与之配套的蜗杆硬度不低于 45HRC。常用的有 ZCuAl10Fe3，ZCuAl10Fe3Mn2等。

3）灰铸铁：其各项性能远不如前面两类材料，但价格便宜。适用于 $v_s < 2\text{m/s}$ 的低速且对效率要求不高的一般传动。

9.5.1.6.3　蜗杆蜗轮的结构设计实例及分析

1. 蜗杆的结构设计

蜗杆螺旋部分的直径一般与轴径相差不大，因此蜗杆多与轴做成一体，称为蜗杆轴，结构见图 9-70。常用车或铣加工，车制如图 9-70a 所示，仅适用于蜗杆齿根圆直径 d_{f1} 大于轴径 d_0 时；铣制如图 9-70b 所示，无退刀槽且 d_{f1} 可小于 d_0，所以其刚度比车制蜗杆大。当蜗杆齿根圆与相配的轴的直径之比 $d_{f1}/d_0 > 1.7$ 时，可采用装配式。

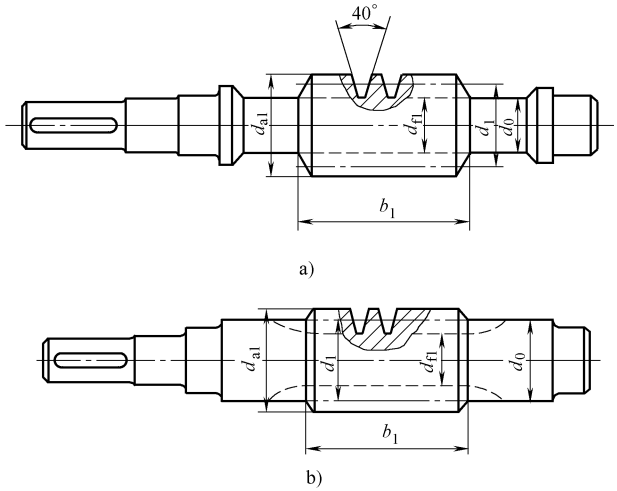


图 9-70　蜗杆的结构

2. 蜗轮的结构设计

蜗轮的结构可分为整体式和组合式，如图 9-71 所示。整体式适用于铸铁蜗轮、铝合金蜗轮及分度圆直径小于 100mm 的青铜蜗轮，见图 9-71a。在其他情况下，为了节省贵重金属，一般采用组合式结构。组合式蜗轮可分为三种结构。

1）齿圈压配式：为了节约贵重的有色金属，采用青铜蜗轮时，尽可能做成齿圈压配式结构，见图 9-71b。齿圈与铸铁轮心多用 H7/r6 过盈配合。为了增加过盈配合的可靠性，有时沿着接合缝还要拧上 4～5 个螺钉。螺钉孔中心线偏向轮心 1～2mm，螺钉的直径取（1.2～1.4）倍的模数 m，长度取 0.3～0.4 倍的齿宽 b。该结构适用于中等尺寸及工作温度变化较小的蜗轮。

2）螺栓连接式：当蜗轮直径较大时，可采用普通螺栓或铰制孔用螺栓连接齿圈和轮心，见图 9-71c。后者更好，适用于大尺寸蜗轮。

3）拼铸式：将青铜齿圈浇铸在铸铁轮心上，然后再切齿，见图 9-71d。该结构适用于批量生产、中等尺寸的蜗轮。

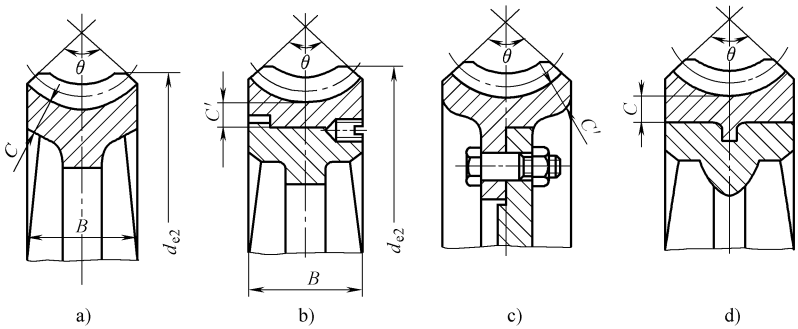


图 9-71　蜗轮的结构

$C = 1.5m$，$C' \approx (1.6m + 1.5)\text{mm}$

3. 结构设计实例分析

（1）蜗杆

以第9.5.1.6节的蜗杆设计实例为例，蜗杆采用车制蜗杆，蜗杆轴的最小直径根据轴强度计算估算（由轴的强度及结构确定，见第10章，此处计算过程略），$d \geqslant 22.1\text{mm}$，所求直径 d 为轴的最细端，轴和电动机通过联轴器连接，有键槽，轴径应增加5%，$d = 22.1 \times 1.05\text{mm} = 23.2\text{mm}$。根据已知 $P_1 = 9.6\text{kW}$、蜗杆转速 $n_1 = 1460\text{r/min}$，参考文献［2］附录K电动机，查出与之连接的电动机为Y160M-4，电动机的轴径为 $D = 42\text{mm}$，外伸长度为 $E = 110\text{mm}$。根据电动机的轴径选弹性柱销联轴器LX3，见参考文献［2］附录J，J型轴孔（也可为Y或Z型孔），配套的蜗杆轴外伸端的最小直径取为40mm（无23.2mm），J型轴孔联轴器长度84，因此确定蜗杆轴外伸端长度为82mm（比联轴器长小2mm以使连接的两轴不至于接触），其他结构尺寸见蜗杆零件图9-72。

（2）蜗轮

蜗轮轴孔应与相配的轴径相等，本例只按由功率和转速估计轴径公式计算出最小轴径 $d_{\min} \geqslant 58.2\text{mm}$，并考虑到安装键使轴径削弱，所以直径要增大5%，$d_{\min} = 58.2 \times 1.05\text{mm} = 61.1\text{mm}$，取为标准直径63mm（标准直径查表9-145）。定位轴肩的直径取为73mm，轴承处轴颈直径为75mm（轴承内孔是5的倍数），轴承定位轴肩为87mm（参考第11章滚动轴承相关数据），则安装蜗轮处的轴头直径初定为90mm，当然还应进行轴的强度计算，过程比较复杂，详见第10章，本例暂定为90mm。

蜗轮结构设计可参考齿轮结构设计（表9-146）的经验公式，轮毂直径为 $1.6 \times 90\text{mm} = 144\text{mm}$，宽度为 $1.2 \times 90\text{mm} = 108\text{mm}$，辐板厚度 $> 1.7 \times 8\text{mm} = 13.6\text{mm}$，且参考圆柱齿轮辐板厚度的经验公式 $(0.3 \sim 0.4) \times 62\text{mm} = 18.6 \sim 24.8\text{mm}$，取为20mm。蜗轮零件工作图如图9-73所示。

9.5.1.6.4 蜗杆蜗轮零件图的设计分析

1. 蜗杆零件图绘制

蜗杆是一个轴类零件，用一个主视图加几个剖面图（主要是键槽），或局部放大图（圆角，退刀槽等）就可以。最终完成的零件图如图9-72。

蜗杆零件图也要填写啮合特性表列出加工和检测所必需的参数，啮合特性表中加工的项目由设计计算结果可确定，本部分只论述检测内容的确定方法。

1）精度等级的确定：参考表9-191，蜗杆传动精度等级由蜗轮圆周速度确定：$v_2 = \dfrac{\pi d_2 n_2}{60 \times 1000} = \dfrac{\pi \times 320 \times (1460/20)}{60 \times 1000}\text{m/s} \approx 1.22\text{m/s}$，小于3m/s，确定精度等级为8级。

2）参考表9-192确定检验项目，并查表确定检验项目的数值。

第Ⅱ公差组：f_{px}、f_{pxl}

查表9-193，$f_{px} = 25\mu\text{m}$，$f_{pxl} = 45\mu\text{m}$。

第Ⅲ公差组：f_{fl}

查表9-193，$f_{fl} = 40\mu\text{m}$。

齿坯的公差及偏差

查表9-194，轴的尺寸公差为IT6，几何公差IT5，齿顶圆公差IT8；蜗杆齿坯径向和端面圆跳动公差查表9-200为14μm。

蜗杆零件图见图 9-70。

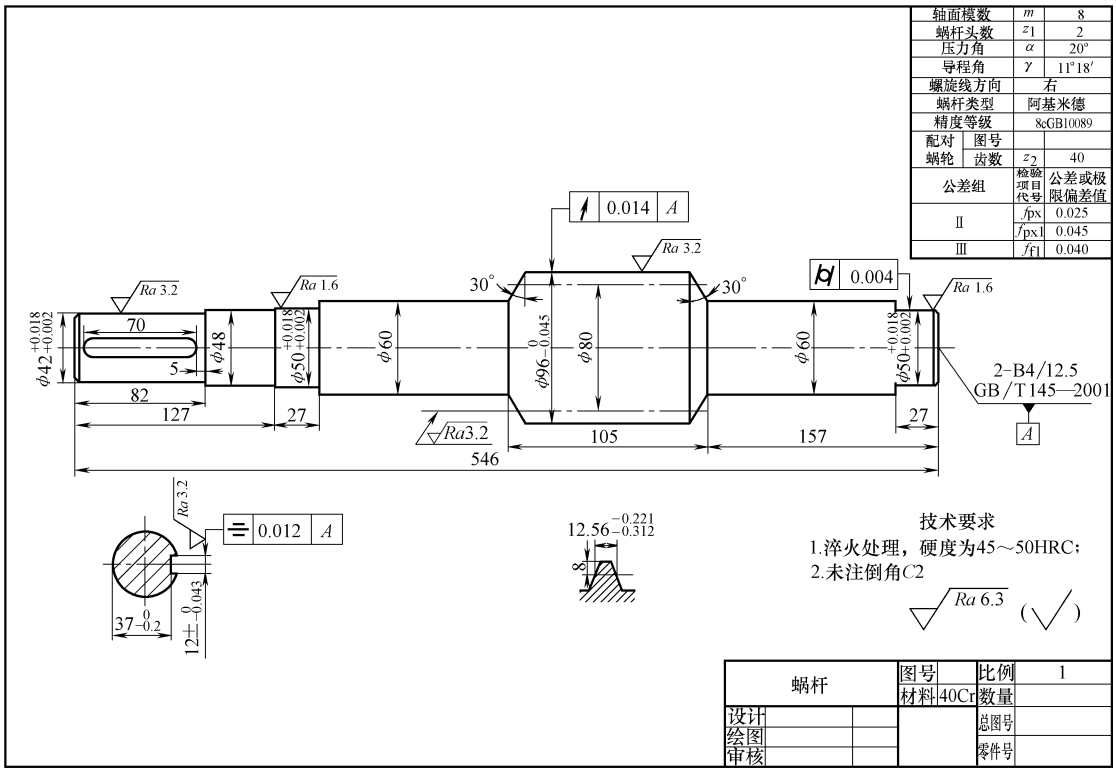


图 9-72　蜗杆零件图

2. 蜗轮零件工作图的绘制

蜗轮的绘制和齿轮类似，此处不再赘述。

不同于齿轮的是，为了节省锡青铜，蜗轮结构采用齿圈压配式结构，零件是由两部分组成，齿圈和轮心，是一个装配图，要有明细表，注明齿圈、轮心的材料及螺栓的型号和数量，完成的蜗轮零件图如图 9-73 所示。

对于蜗轮，也要标注啮合特性表，与齿轮类似，只是要查 GB 10089—1988 确定蜗轮检验项目的数据。

1）确定精度等级，$v_2 < 3\text{m/s}$，选 8 级精度（同蜗杆，参考表 9-191）。

2）确定检验项目：

第Ⅰ公差组 F_p：按分度圆弧长 $1/2 \times 3.14 \times 320\text{mm} = 502.4\text{mm}$，查表 9-195，$F_p = 125\mu\text{m}$；

第Ⅱ公差组 f_{pt}：查表 9-196，$f_{pt} = 32\mu\text{m}$；

第Ⅲ公差组 f_{f2}：查表 9-197，$f_{f2} = 28\mu\text{m}$。

3）传动检验项目：

齿厚及偏差，首先查表 9-198，$T_{s2} = 170\mu\text{m}$，则齿厚上偏差 $E_{ss2} = 0$，下偏差 $E_{si2} = -T_{s2}$，则 $E_{si2} = -170\mu\text{m}$；

轴交角极限偏差 $\pm f_\Sigma$，按 $b_2 = 62$ 查表 9-199 得 $f_\Sigma = 22\mu\text{m}$。

4）齿坯的公差及偏差：

尺寸公差按表9-200；几何公差按分度圆直径为336mm，则跳动公差为18μm。

蜗轮零件图见图9-73。

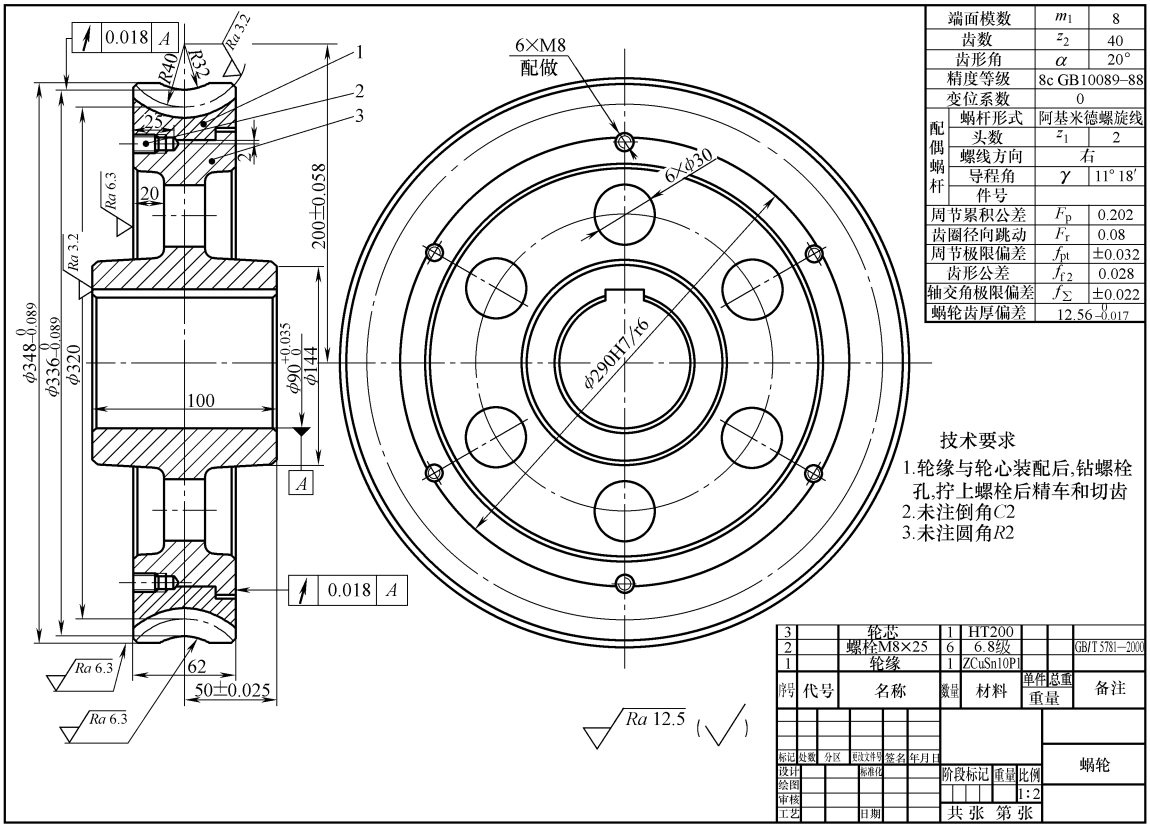


图9-73　蜗轮零件图

9.5.2　设计标准及规范

9.5.2.1　蜗杆基本参数及其与蜗轮参数的匹配（见表9-180）

表9-180　普通圆柱蜗杆基本参数及其与蜗轮参数的匹配

模数 m /mm	分度圆直径 d_1 /mm	蜗杆头数 z_1	直径系数 q	m^2d_1/mm^3
6.3	(80)	1,2,4	12.698	3175.2
	112	1	17.778	4445.28
8	(63)	1,2,4	7.875	4082
	80	1,2,4,6	10.000	5120
	(100)	1,2,4	12.500	6400
	140	1	17.500	8960
10	(71)	1,2,4	7.100	7100
	90	1,2,4,6	9.000	9000
	(112)	1,2,4	11.200	11200
	160	1	16.000	16000

（续）

模数 m /mm	分度圆直径 d_1 /mm	蜗杆头数 z_1	直径系数 q	m^2d_1/mm^3
12.5	(90)	1,2,4	7.200	14062.5
	112	1,2,4	8.960	17500
	(140)	1,2,4	11.200	21875
	200	1	16.000	31250
16	(112)	1,2,4	7.000	28672
	140	1,2,4	8.750	35840
	(180)	1,2,4	11.250	46080
	250	1	15.625	64000
20	(140)	1,2,4	7.000	56000
	160	1,2,4	8.000	64000
	(224)	1,2,4	11.200	89600
	315	1	15.750	126000
25	(180)	1,2,4	7.200	112500
	200	1,2,4	8.000	125000
	(280)	1,2,4	11.200	175000
	400	1	16.00	250000

9.5.2.2 蜗杆传动的当量摩擦因数和当量摩擦角（见表9-181）

表9-181 蜗杆传动的当量摩擦因数 f_v 和当量摩擦角 ρ_v

蜗轮材料	锡青铜				铝青铜		灰铸铁			
蜗杆齿面硬度	≥45HRC		其他		≥45HRC		≥45HRC		其他	
滑动速度 v_s/(m·s^{-1})	f_v①	ρ_v①	f_v	ρ_v	f_v①	ρ_v①	f_v①	ρ_v①	f_v①	ρ_v
0.05	0.090	5°09′	0.100	5°43′	0.140	7°58′	0.140	7°58′	0.160	9°05′
0.10	0.080	4°34′	0.090	5°09′	0.130	7°24′	0.130	7°24′	0.140	7°58′
0.25	0.065	3°43′	0.075	4°17′	0.100	5°43′	0.100	5°43′	0.120	6°51′
0.50	0.055	3°09′	0.065	3°43′	0.090	5°09′	0.090	5°09′	0.100	5°43′
1.0	0.045	2°35′	0.055	3°09′	0.070	4°00′	0.070	4°00′	0.090	5°09′
1.5	0.040	2°17′	0.050	2°52′	0.065	3°43′	0.065	3°43′	0.080	4°34′
2.0	0.035	2°00′	0.045	2°35′	0.055	3°09′	0.055	3°09′	0.070	4°00′
2.5	0.030	1°43′	0.040	2°17′	0.050	2°52′	—	—	—	—
3.0	0.028	1°36′	0.035	2°00′	0.045	2°35′	—	—	—	—
4	0.024	1°22′	0.031	1°47′	0.040	2°17′	—	—	—	—
5	0.022	1°16′	0.029	1°40′	0.035	2°00′	—	—	—	—
8	0.018	1°02′	0.026	1°29′	0.030	1°43′	—	—	—	—
10	0.016	0°55′	0.024	1°22′	—	—	—	—	—	—
15	0.014	0°48′	0.020	1°09′	—	—	—	—	—	—
24	0.013	0°45′	—	—	—	—	—	—	—	—

① 列内数值对应蜗杆齿面表面粗糙度轮廓算术平均偏差 Ra 值为1.6～0.4μm，经过仔细跑合，正确安装，并采用黏度合适的润滑油进行充分润滑的情况。

9.5.2.3 圆柱蜗杆传动几何尺寸计算

9.5.2.3.1 普通蜗杆传动的主要几何尺寸计算公式（见表9-182）

表9-182 普通圆柱蜗杆传动的主要几何尺寸计算公式

名　称	符号	公　式
蜗杆轴向模数或蜗轮端面模数	m	由强度条件确定，取标准值(表9-180)
中心距	a	$a=(d_1+mz_2)/2$(变位传动，$a'=a+x_2m$，下同)

（续）

名　称	符号	公　式
传动比	i	$i=n_1/n_2=z_2/z_1$
蜗杆轴向齿距	p_{x1}	$p_{x1}=\pi m$
蜗杆导程	l	$l=z_1p_{x1}$
蜗杆分度圆柱导程角	γ	$\tan\gamma=mz_1/d_1$
蜗杆分度圆直径	d_1	d_1 与 m 匹配，由表9-180取标准值，$d_1'=d_1=mq(d_1'=d_1+2x_2m)$
蜗杆压力角	α	$\alpha=\alpha_{x1}=20°$（阿基米德蜗杆），其他蜗杆 $\alpha=\alpha_n=20°$
蜗杆齿顶高	h_{a1}	$h_{a1}=h_a^*m$
蜗杆齿根高	h_{f1}	$h_{f1}=(h_a^*+c^*)m$
蜗杆齿全高	h_1	$h_1=h_{a1}+h_{f1}=(2h_a^*+c^*)m$
齿顶高系数	h_a^*	一般 $h_a^*=1$，短齿 $h_a^*=0.8$
顶隙系数	c^*	一般 $c^*=0.2$
蜗杆齿顶圆直径	d_{a1}	$d_{a1}=d_1+2h_{a1}=d_1+2h_a^*m$
蜗杆齿根圆直径	d_{f1}	$d_{f1}=d_1-2h_{f1}=d_1-2m(h_a^*+c^*)$
蜗轮分度圆直径	d_2	$d_2=mz_2$，$d_2'=d_2$（此式对变位传动也适用）
蜗轮齿顶高	h_{a2}	$h_{a2}=h_a^*m$ 或 $h_{a2}=(h_a^*+x_2)m$
蜗轮齿根高	h_{f2}	$h_{f2}=(h_a^*+c^*)m$ 或 $h_{f2}=(h_a^*+c^*-x_2)m$
蜗轮齿顶圆直径	d_{a2}	$d_{a2}=d_2+2h_a^*m$ 或 $d_{a2}=d_2+2(h_a^*+x_2)m$
蜗轮齿根圆直径	d_{f2}	$d_{f2}=d_2-2m(h_a^*+c^*)$ 或 $d_{f2}=d_2-(2h_a^*+c^*-x_2)m$
蜗轮齿宽	b_2	由设计确定
蜗轮齿宽角	θ	$\sin(\theta/2)=b_2/d_1$
蜗轮咽喉母圆半径	r_{g2}	$r_{g2}=a-d_{a2}/2$

9.5.2.3.2 蜗杆螺纹部分长度、蜗轮外径及宽度计算公式（见表9-183）

表9-183 蜗杆螺纹部分长度 b_1、蜗轮外径 d_{e2} 及蜗轮宽度 B 的计算公式

	普通圆柱蜗杆传动	圆弧圆柱蜗杆传动
b_1	$z_1=1,2$：$b_1\geqslant(11+0.06z_2)m$； $z_1=3,4$：$b_1\geqslant(12.5+0.09z_2)m$ 磨削蜗杆加长量： $m<10$mm，$\Delta b_1=15\sim25$mm； $m=10\sim14$mm，$\Delta b_1=35$mm； $m\geqslant16$mm 时，$\Delta b_1=50$mm	$z_1=1,2$：$x_2<1$，$b_1\geqslant(12.5-0.1z_2)m$， $x_2\geqslant1$，$b_1\geqslant(13-0.1z_2)m$； $z_1=3,4$：$x_2<1$，$b_1\geqslant(13.5-0.1z_2)m$， $x_2\geqslant1$，$b_1\geqslant(14-0.1z_2)m$； 磨削蜗杆加长量：$m\leqslant6$mm，加长20mm； $m=7\sim9$mm，加长30mm； $m=10\sim14$mm，加长40mm； $m=16\sim25$mm，加长50mm
d_{e2}	$z_1=1$；$d_{e2}=d_{a2}+2m$； $z_1=2\sim3$；$d_{e2}=d_{a2}+1.5m$； $z_1=4\sim6$；$d_{e2}=d_{a2}+m$，或按结构设计	$d_{a2}\leqslant d_{a2}+(0.8\sim1)m$
B	$z_1\leqslant3$ 时，$B\leqslant0.75d_{a1}$；$z_1=4\sim6$ 时， $B\leqslant0.67d_{a1}$	$B=(0.67\sim0.7)d_{a1}$

9.5.2.4 蜗杆传动设计参数（见表9-184～表9-190）

表9-184 使用系数 K_A

工作类型	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
载荷性质	均匀、无冲击	不均匀、小冲击	不均匀、大冲击
每小时起动次数	<25	25～50	>50
起动载荷	小	较大	大
K_A	1	1.15	1.2

表 9-185 材料系数 Z_E （$\sqrt{MPa}$）

蜗杆材料	蜗轮材料			
	铸锡青铜	铸铝青铜	灰铸铁	球墨铸铁
钢	155.0	156.0	162.0	181.4
球墨铸铁	—	—	156.6	173.9

表 9-186 cosγ 值

Z_1	1	2	4	6
γ(γ°)	3～8	8～16	16～30	28～33.5
cosγ 平均值	0.995	0.978	0.920	0.859

表 9-187 锡青铜蜗轮的基本许用接触应力［σ_{0H}］ （MPa）

蜗轮材料	铸造方法	蜗杆螺旋面的硬度	
		≤45HRC	>45HRC
铸锡磷青铜 ZCuSn10P1	砂模铸造	150	180
	金属模铸造	220	268
铸锡铅锌青铜 ZCuSn5Pb5Zn5	砂模铸造	113	135
	金属模铸造	128	140
	离心铸造	158	183

表 9-188 铝青铜及铸铁蜗轮的许用接触应力［σ_H］ （MPa）

材料		滑动速度/(m·s^{-1})						
蜗杆	蜗轮	<0.25	0.25	0.5	1	2	3	4
20 或 20Cr 渗碳淬火、45 钢淬火，齿面硬度大于 45HRC	灰铸铁 HT150	206	166	150	127	95		
	灰铸铁 HT200	250	202	182	154	115		
	铸造铝铁青铜 ZCuAl10Fe3	230	190	180	173	163	154	149
45 钢或 Q275	灰铸铁 HT150	172	139	125	106	79		
	灰铸铁 HT200	208	168	152	128	96		

表 9-189 蜗轮的许用弯曲应力［σ_{0F}］ （MPa）

蜗轮材料		铸造方法	单侧工作	双侧工作
铸锡磷青铜 ZCuSn10P1		砂模铸造	40	29
		金属模铸造	56	40
铸锡铅锌青铜 ZCuSn5Pb5Zn5		砂模铸造	26	22
		金属模铸造	32	26
铸铝铁青铜 ZCuAl10Fe3		砂模铸造	80	57
		金属模铸造	90	64
灰铸铁	HT150	砂模铸造	40	28
	HT200	砂模铸造	48	34

表 9-190 蜗杆材料及工艺要求

材料牌号	热处理	硬度	齿面粗糙度 Ra/μm
40Cr,40CrNi,42SiMn,35CrMo,38SiMnMo	表面淬火	45～55HRC	1.6～0.8
20Cr,20CrMnTi,16CrMn,20CrV	渗碳淬火	58～63HRC	1.6～0.8
45,40Cr,42CrMo,35SiMn	调质	<350HBW	6.3～3.2
38CrMoAlA,50CrV,35CrMo	表面渗氮	65～70HRC	3.2～1.6

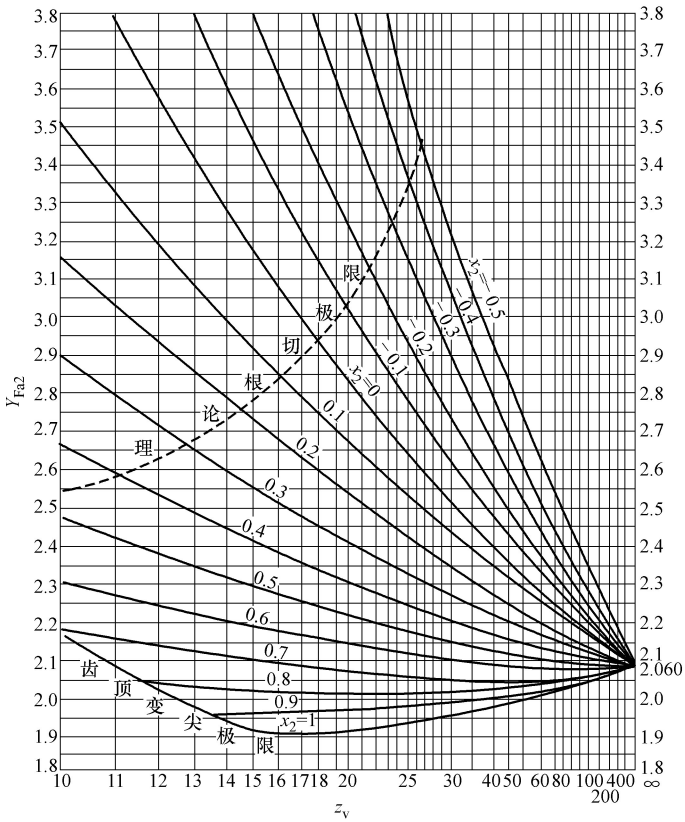


图 9-74　蜗轮齿形系数

9.5.2.5　蜗杆传动的精度设计数据（见表 9-191 ~ 表 9-200）

表 9-191　蜗杆传动的精度等级、加工方法及应用范围

精度等级		7	8	9
蜗轮圆周速度		≤7.5m/s	≤3m/s	≤1.5m/s
加工方法	蜗杆	渗碳淬火或淬火后磨削	淬火磨削或车削、铣削	车削或铣削
	蜗轮	滚削或飞刀加工后珩磨(或加载配对跑合)	滚削或飞刀加工后加载配对跑合	滚削或飞刀加工
应用范围		中等精度工业运转机构的动力传动。如机床进给、操纵机构、电梯曳引装置	每天工作时间不长的一般动力传动。如起重运输机械减速器,纺织机械传动装置	低速传动或手动机构。如舞台升降装置,塑料蜗杆传动

注：此表不属 GB 10089—1988，仅供参考。

表 9-192　蜗杆、蜗轮和蜗杆传动公差的分组

公差组	蜗　杆	蜗　轮	蜗杆传动
Ⅰ	—	F'_i,F''_i,F_p,F_{pk},F_r	F'_{ic}
Ⅱ	f_h,f_{hL},f_{px},f_{pxl},f_r	f'_i,f''_i,f_{pt}	f'_{ic}
Ⅲ	f_{f1}	f_{f2}	接触斑点 f_a,f_Σ,f_x

表 9-193　蜗杆的公差和极限偏差 f_h、f_{hL}、f_{px}、f_{fl}、f_{pxl} 值　　（μm）

代号	模数 m/mm	精度等级				
		6	7	8	9	10
f_h	>6.3～10	18	25	—	—	—
	>10～16	24	32	—	—	—
f_{hL}	>6.3～10	36	50	—	—	—
	>10～16	45	63	—	—	—
f_{px}	>6.3～10	12	17	25	32	48
	>10～16	16	22	32	46	68
f_{pxl}	>6.3～10	21	32	45	63	—
	>10～16	28	40	56	80	—
f_{fl}	>6.3～10	19	28	40	53	75
	>10～16	25	36	53	75	100

表 9-194　蜗杆蜗轮齿坯尺寸和几何公差

精度等级		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
孔	尺寸公差	IT4	IT4	IT4		IT5	IT6	IT7		IT8	
	几何公差	IT1	IT2	IT3		IT4	IT5	IT6		IT7	
轴	尺寸公差	IT4	IT4	IT4		IT5		IT6		IT7	
	几何公差	IT1	IT2	IT3		IT4		IT5		IT6	
齿顶圆直径公差		IT6		IT7		IT8				IT9	

注：1. 当三个公差组的精度等级不同时，按最高精度等级确定公差。

2. 当齿顶圆不作为测量齿厚基准时，尺寸公差按 IT11 确定，但不得大于 0.1mm。

3. IT 为标准公差，按 GB 1800 的规定确定。

表 9-195　蜗轮齿距累积公差 F_p 及 k 个齿距累积公差 F_{pk}　　（μm）

分度圆弧长 L/mm	精度等级					分度圆弧长 L/mm	精度等级				
	6	7	8	9	10		6	7	8	9	10
≤11.2	11	16	22	32	45	>80～160	32	45	63	90	125
>11.2～20	16	22	32	45	63	>160～315	45	63	90	125	180
>20～32	20	28	40	56	80	>315～630	63	90	125	180	250
>32～50	22	32	45	63	90	>630～1000	80	112	160	224	315
>50～80	25	36	50	71	100	>1000～1600	100	140	200	280	400
						>1600～2500	112	160	224	315	450

注：1. 查 F_p 时，取 $L=\frac{1}{2}\pi d_2=\frac{1}{2}\pi m z_2$；查 F_{pk} 时，取 $L=k\pi m$（k 为 2 到小于 $z_2/2$ 的整数）。

2. 除特殊情况外，对于 F_{pk}，k 值规定取为小于 $z_2/6$ 的最大整数。

表 9-196　齿距极限偏差 f_{pt} 值　　（μm）

分度圆直径 d_2 /mm	模数 m /mm	精度等级						
		6	7	8	9	10	11	12
≤125	>3.5～6.3	13	18	25	36	50	71	100
	>6.3～10	14	20	28	40	56	80	112
>125～400	>3.5～6.3	14	20	28	40	56	80	112
	>6.3～10	16	22	32	45	63	90	125

表 9-197 蜗轮齿形公差 f_{f2} (μm)

分度圆直径 d_2/mm	模数 m/mm	精度等级				
		6	7	8	9	10
≤125	>3.5~6.3	10	14	20	32	50
	>6.3~10	12	17	22	36	56
>125~400	>3.5~6.3	11	16	22	36	56
	>6.3~10	18	19	28	45	71

表 9-198 蜗轮齿厚公差 T_{s2}、蜗杆齿厚公差 T_{s1} 值 (μm)

T_{s2}

分度圆直径 d_2/mm	模数 m/mm	精度等级 6	7	8	9	10
≤125	1~3.5	71	90	110	130	160
	>3.5~6.3	85	110	130	160	190
	>6.3~10	90	120	140	170	210
>125~400	1~3.5	80	100	120	140	170
	>3.5~6.3	90	120	140	170	210
	>6.3~10	100	130	160	190	230
	>10~16	110	140	170	210	260
	>16~25	130	170	210	260	320
>400~800	1~3.5	85	110	130	160	190
	>3.5~6.3	90	120	140	170	210
	>6.3~10	100	130	160	190	230
	>10~16	120	160	190	230	290
	>16~25	140	190	230	290	350
>800~1600	1~3.5	90	120	140	170	210
	>3.5~6.3	100	130	160	190	230
	>6.3~10	110	140	170	210	260
	>10~16	120	160	190	230	290
	>16~25	140	190	230	290	350

T_{s1}

模数 m/mm	精度等级 6	7	8	9	10
1~3.5	36	45	53	67	95
>3~6.3	45	56	71	90	130
>6.3~10	60	71	90	110	160
>10~16	80	95	120	150	210
>16~25	110	130	160	200	280

注：1. 精度等级 j_{nmax} 按蜗轮、蜗杆第Ⅱ公差组确定 T_{s1}。

2. 在最小法向侧隙能保证的条件下，T_{s2} 公差带允许采用对称分布。

3. 对传动最大法向侧隙 j_{nmax} 无要求时，允许蜗杆齿厚公差 T_{s1} 增大，最大不超过两倍。

表 9-199 轴交角极限偏差（$\pm f_\Sigma$）的 f_Σ 值 (μm)

蜗轮齿宽 b_2/mm	精度等级 6	7	8	9	10
≤30	10	12	17	24	34
>30~50	11	14	19	28	38
>50~80	13	16	22	32	45
>80~120	15	19	24	36	53
>120~180	17	22	28	42	60
>180~250	20	25	32	48	67
>250	22	28	36	53	75

表 9-200 蜗杆、蜗轮齿坯基准面径向和端面跳动公差 (μm)

基准面直径 d/mm	精度等级 6	7~8	9~10	基准面直径 d/mm	精度等级 6	7~8	9~10
≤31.5	4	7	10	>400~800	14	22	36
>31.5~63	6	10	16	>800~1600	20	32	50
>63~125	8.5	14	22	>1600~2500	28	45	71
>125~400	11	18	28	>2500~4000	40	63	100

注：1. 当三个公差组的精度等级不同时，按最高精度等级确定公差。

2. 当以齿顶作为测量基准时，也即为蜗杆、蜗轮的齿坯基准面。

9.5.3 润滑

蜗杆传动的润滑不仅能提高传动效率，而且可以避免轮齿的胶合和磨损，所以蜗杆传动保持良好的润滑是十分必要的。

闭式蜗杆传动的润滑油黏度和给油方法，一般可根据相对滑动速度、载荷类型选择。为提高蜗杆传动的抗胶合性能，宜选用黏度较高的润滑油。对青铜蜗轮，不允许采用抗胶合性能强的活性润滑油，以免腐蚀青铜齿面。

9.5.3.1 润滑油黏度的选择（见表9-201、表9-202）

表9-201 根据中心距和蜗杆转速选择润滑油黏度

类型	中心距 a/mm	蜗杆转速 n_1/(r·min^{-1})	环境温度 -10～+10℃ ISO-VG或GB-N级	环境温度 +10～+50℃ ISO-VG或GB-N级	蜗杆转速 n_1/(r·min^{-1})	环境温度 -10～+10℃ ISO-VG或GB-N级	环境温度 +10～+50℃ ISO-VG或GB-N级
圆柱蜗杆传动	≤150	≤700	460	680	>700	460	680
	>150～300	≤450	460	680	>450	460	460
	>300～450	≤300	460	680	>300	460	460
	>450～600	≤250	460	680	>250	460	460
	>600	≤200	460	680	>200	460	460
环面蜗杆传动	≤150	≤700	680	1000	>700	680	680
	>150～300	≤450	680	1000	>450	680	680
	>300～450	≤300	680	1000	>300	680	680
	>450～600	≤250	680	1000	>250	680	680
	>600	≤200	680	1000	>200	680	680

注：蜗杆转速 n_1 >2400r/min 或滑动速度 v_s >10m/s 时，应采用压力喷油润滑，此时应选用较本表中推荐的黏度值要低的油。

表9-202 根据相对滑动速度选择润滑油黏度

滑动速度 v_s/(m·s^{-1})	≤1.5	>1.5～3.5	>3.5～10	>10
黏度值 ν_{40}/(mm^2·s^{-1})	>612	414～506	288～352	198～242
ISO-VG级或GB-N级	680	460	320	220

注：表内黏度值用于蜗杆下置油浴润滑，若蜗轮上置可将黏度值提高30%～50%。

9.5.3.2 润滑方式的选择（见表9-203）

表9-203 蜗杆传动润滑方式的选择

蜗杆蜗轮相对位置		润滑方式	附加说明
蜗杆上置		喷油润滑	也可油浴润滑，但要求有 $\frac{1}{3}d_{a2}$ 浸在油中
蜗杆在蜗轮侧面		喷油润滑	当 v_t <1m/s 时，也可油浴润滑，但蜗轮轴密封较困难
蜗杆下置	v_t ≤5m/s	油浴润滑	蜗杆浸在油中至少达一个齿高
	v_t >5m/s	喷油润滑	一般 v_s ≥10m/s 均采用喷油润滑

注：表中 v_t—蜗杆圆周速度；v_s—蜗杆传动滑动速度；d_{a2}—蜗轮顶圆直径。

第 10 章　轴

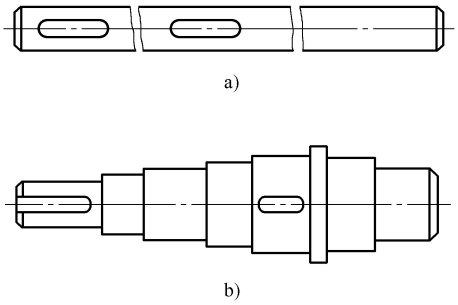
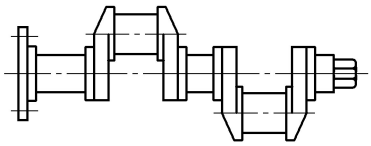
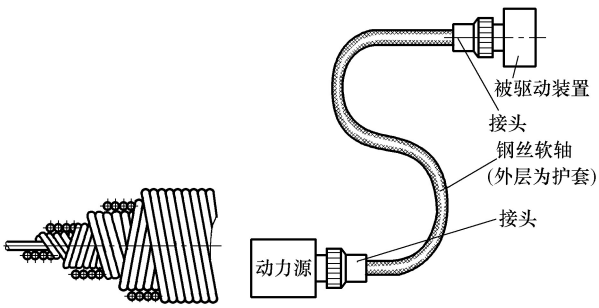
10.1　基本设计计算方法

10.1.1　概述

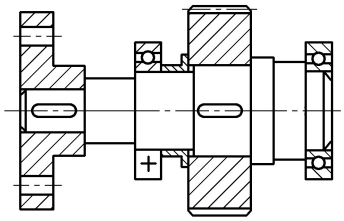
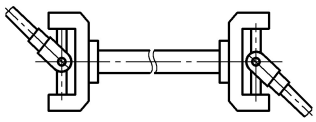
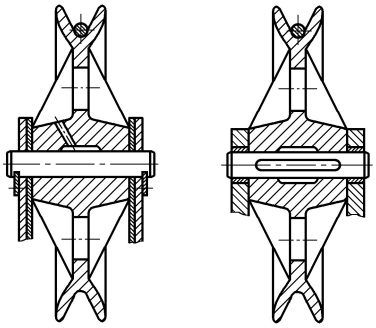
10.1.1.1　轴的分类及应用

工程中常见的轴的分类及应用举例见表 10-1。

表 10-1　轴的分类及应用举例

类型		示　意　图	特点及应用
按形状	直轴		各轴段的轴线为同一直线称直轴。直轴按外形不同又可分为： 光轴：形状简单，应力集中少，易加工，如图 a 所示 阶梯轴：各轴段直径不同，轴上零件容易定位，便于装拆，且轴各截面接近等强度，一般机械常用。阶梯轴的几个名词：轴颈：被支撑的部分，装轴承处；轴头：安装轮毂部分；轴身：连接轴颈和轴头的部分；轴伸：轴伸出端
	曲轴		各轴段轴线不在同一直线上的轴称曲轴，可实现往复运动与旋转运动的转换，多用于专用机械
	挠性钢丝轴		由几层紧贴在一起的钢丝层构成，使用灵活，可将扭矩(扭转及旋转)灵活地传到任意位置

（续）

类型		示　意　图	特点及应用
按受载情况分	转轴		同时受弯矩、扭矩的轴称转轴，工程中最常见，例如减速器的轴就是转轴
	传动轴		工作时主要传递转矩，或承受很小弯矩的轴，如汽车传动轴
	心轴	 a)　　b)	只受弯矩不受转矩的轴称心轴。分为： 固定心轴：不随回转零件一起转动的轴，如图 a 所示支撑滑动轴，此时轴受静应力 转动心轴：随回转零件一起转动的轴，如图 b 所示，此时轴受变应力

10.1.1.2　轴的材料及选择

轴常用的材料主要是碳素钢和合金钢。选择依据是轴的工作条件，轴的强度、刚度及耐磨性要求。轴的材料应具有较高的抗疲劳强度、较低的应力集中敏感性、良好的加工性能和经济性等特点。各种材料特点如下：

1）碳素钢比合金钢价廉，对应力集中的敏感性较小，同时也可以用热处理或化学处理的办法改善其综合性能，提高其耐磨性和抗疲劳强度，加工工艺性好，所以应用较为广泛。

常用的优质碳素钢有 30、35、40、45 钢，对于不重要或受力较小的轴也可采用 Q235、Q255、Q275 等普通碳素钢。

2）合金钢具有比碳钢更好的机械性能和淬火性能，但是对应力集中比较敏感，而且价格较贵，多用于对强度和耐磨性有特殊要求，传递大功率的轴。常用的合金结构钢有 20Cr、35Cr、20CrMnTi、35SiMn 等。

由于在一般工作温度下，各种钢的弹性模量相差不多，选择合金钢，采取热处理的方法只能提高轴的疲劳强度和耐磨性，并不能提高轴的刚度。所以以合金钢代替碳素钢，提高轴的刚度是不可取的方法。此时可以选择强度较低的钢材，适当增大轴的截面面积办法来提高轴的刚度。

3）由于球墨铸铁和高强度铸铁具有良好的工艺性、吸振性，对应力集中的不敏感，便

于铸成结构形状复杂的曲轴、凸轮轴等，被广泛应用于形状复杂的轴。

4）轴的毛坯多用轧制的圆钢或锻钢；锻钢内部组织均匀，强度较好，因此，重要的大尺寸的轴，毛坯常采用锻造方法生产。

5）轴的各种热处理（如高频淬火、渗碳、氮化、氰化等）以及表面强化处理（喷丸、滚压）对提高轴的疲劳强度有显著效果。

轴的常用材料、机械性能及应用见表 10-5。

10.1.2　轴的结构设计

轴的结构设计就是要确定轴的合理外形，包括各轴段长度、直径及其他细小尺寸在内的全部结构尺寸。

轴的结构受多方面因素的影响，不存在一个固定形式，而是随着工作条件与要求的不同而不同。轴的结构设计一般应满足以下几方面要求：

1）轴和装在轴上的零件必须有准确的工作位置。为保证轴有准确的工作位置，轴就必须固定在轴承上；要保证轴上零件有准确的工作位置，那就必须使轴上所有的零件能够在轴向和在周向固定。

2）轴上的零件必须便于装拆和调整。

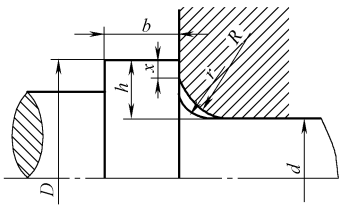
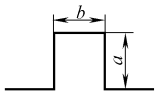
3）轴必须有良好的制造工艺性，即：轴应具有良好的加工工艺性能和装配工艺性能。

轴的结构设计只要满足以上主要要求即可，因此轴的结构设计答案不是唯一的，下面只能介绍常用的几种轴上零件的轴向固定、周向固定以及装拆注意事项等问题。

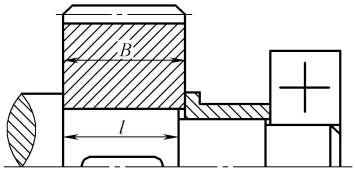
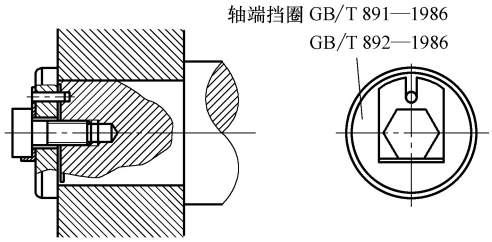
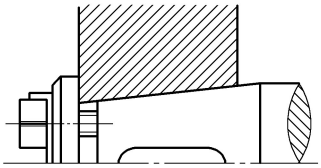
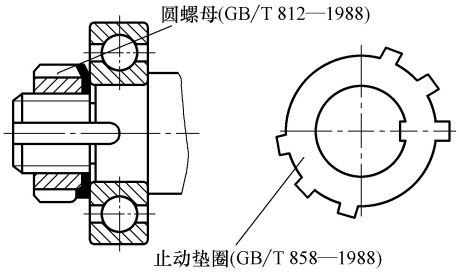
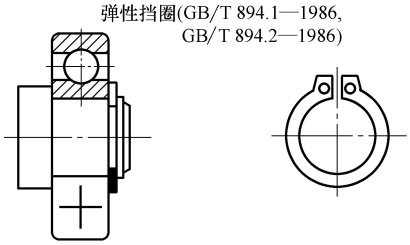
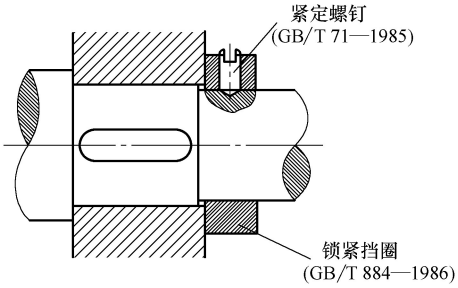
10.1.2.1　轴上零件的轴向固定

轴常见的轴向固定方法及特点与应用见表 10-2。其中轴肩、轴环、套筒、轴端挡圈及圆螺母应用更为广泛。为保证轴上零件沿轴向固定，可将表 10-2 中各种方法联合使用；为确保固定可靠，与轴上零件相配合的轴段长度应比轮毂略短，如表 10-2 中的套筒结构简图所示，$l = B - (1 \sim 3)$ mm。

表 10-2　轴上零件的轴向固定方法

轴向固定方法及结构简图		设计注意要点	特点和应用
轴肩与轴环	 a) 轴肩尺寸  b) 轴环高与宽	1. 轴肩和轴环(台)：由定位面及过渡圆角组成。为保证零件与定位面靠紧，轴上过渡圆角半径 r 应小于零件圆角半径 R 或倒角 C，即 $r < C < a$、$r < R < a$；一般取定位高度 $a = (0.07 \sim 0.1)d$，轴环宽度 $b = 1.4a$。靠紧面 $x \geqslant 0.5 \sim 2$mm 2. 滚动轴承：与之相配合处轴肩或轴台高可查手册，一般轴肩高不超过内圈厚的 2/3 ~ 4/5，以便拆卸轴承	简单可靠，不需附加零件，能承受较大轴向力。广泛应用于各种轴上零件的固定 该方法会使轴径增大，阶梯处形成应力集中，且阶梯过多将不利于加工

（续）

轴向固定方法及结构简图		设计注意要点	特点和应用
套筒		套筒内孔与轴的配合较松，套筒结构、尺寸可视需要灵活设计	简单可靠，简化了轴的结构且不削弱轴的强度 常用于轴上两个近距零件间的相对固定。不宜用于高速轴
轴端挡圈		只用于轴端 应采用止动垫片等防松措施	工作可靠，结构简单，能承受较大轴向力，应用广泛
锥面		只用于轴端 常与轴端挡圈联合使用，实现零件的双向固定	装拆方便，可兼作周向固定 宜用于高速、冲击及对中性要求高的场合
圆螺母		为减小对轴端强度的削弱，常用细牙螺纹 为防松，必须加止动垫圈或使用双螺母	固定可靠，可承受较大轴向力，能实现轴上零件的间隙调整 常用于轴上两零件间距较大处及轴端
弹性挡圈		轴上切槽尺寸见 GB/T 894.1—1986	结构紧凑、简单，装拆方便，但受力较小，且轴上切槽将引起应力集中 常用于轴承的固定
紧定螺钉与锁紧挡圈		紧定螺钉按 GB/T 71—1985 锁紧挡圈按 GB/T 884—1986	结构简单，但受力较小，且不适于高速场合

10.1.2.2　轴上零件的周向固定

零件的周向固定可采用键、花键、成形、弹性环、销、过盈等连接，常见的固定方法见图 10-1。

设计时应注意以下问题：

1）键槽开在轴上同一加工直线上，减少装卡次数。

2）半圆键开在同一侧，否则对轴削弱更厉害。

3）用钩头楔键时，键上表面与毂槽底面各有 1:100 的斜度。

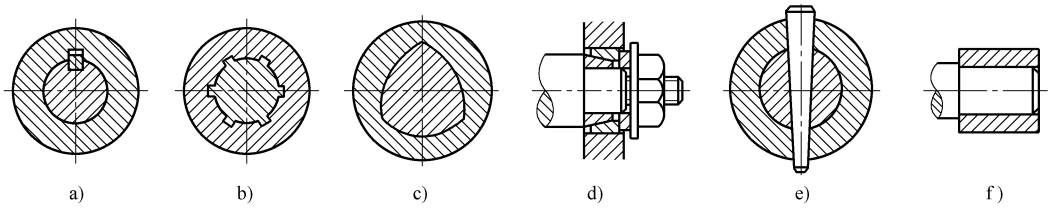


图 10-1　轴上零件的周向固定方法

a）键连接　b）花键连接　c）成形连接　d）弹性环连接　e）销连接　f）过盈连接

10.1.2.3　轴的加工工艺性能和装配工艺性

1. 加工工艺性

轴的直径变化应尽可能少，应尽量限制轴的最大直径与各轴段的直径差，这样既能节省材料，又可减少切削量。

轴上有磨削与切螺纹处，要留砂轮越程槽和螺纹退刀槽，如图 10-2 所示，以保证加工的完整和方便装配轴上零件。

轴上有多个键槽时，应将它们布置在同一直线上，以免加工键槽时多次装夹，从而提高生产效率。

如有可能，应使轴上各过渡圆角、倒角、键槽、越程槽、退刀槽及中心孔等尺寸分别相同，并符合标准和规定，以利于加工和检验。

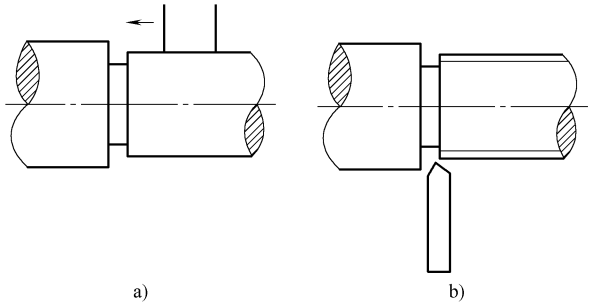


图 10-2　砂轮越程槽与螺纹退刀槽

a）砂轮越程槽　b）螺纹退刀槽

轴上配合轴段直径应取标准值（见 9-127）；与滚动轴承配合的轴颈应按滚动轴承内径尺寸选取；轴上的螺纹部分直径应符合螺纹标准等。

2. 装配工艺性

为了便于轴上零件的装配，常采用直径从两端向中间逐渐增大的阶梯轴。轴上的各阶梯，除轴上零件轴向固定的可按表 10-2 确定轴肩高度外，其余仅为便于安装而设置的轴肩，轴肩高度可取 0.5 ~ 3mm。

轴端应倒角，以去掉毛刺且便于装配。

固定滚动轴承的轴肩高度通常应不大于内圈高度的 3/4，过高不便于轴承的拆卸，具体见滚动轴承的安装尺寸。

轴通常在交变应力下工作，多数因疲劳而失效，因此设计轴时，应设法提高其疲劳强度。常采取的措施有：

（1）改进轴的结构形状，降低应力集中

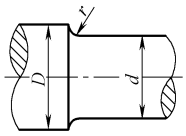
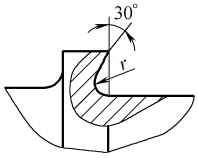
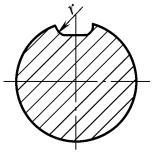
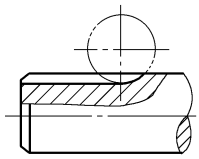
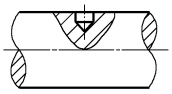
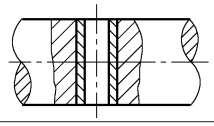
尽量使轴径变化处过渡平缓，宜采用较大的过渡圆角，或者加工出卸荷槽、退刀槽，如相配合零件内孔倒角或圆角很小时，可采用凹切圆角或过渡肩环，具体的措施见表 10-3。

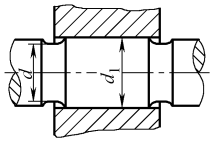
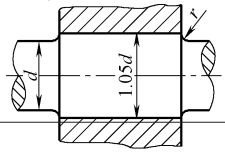
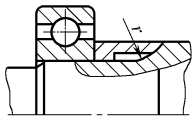
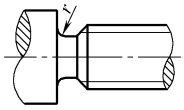
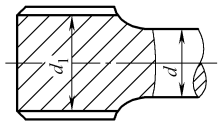
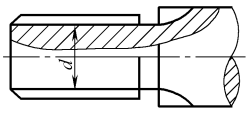
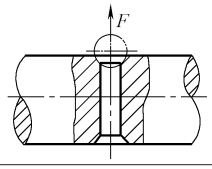
避免在轴上打印及留下一些不必要的痕迹，因为它们可能成为初始疲劳裂纹源。

（2）改善轴的表面状态

实践证明，采用辊压、喷丸或渗碳、氰化、氮化、高频淬火等表面强化处理方法，可以大大提高轴的承载能力。

表 10-3　降低轴上应力集中的主要措施举例

结构名称	简　图	措　施
圆角		加大圆角半径 $r/d>0.1$ 减小直径差 $D/d<1.15\sim1.2$
		加内凹圆角
键槽		底部加圆角
		用盘铣刀
横孔	 K_σ减小约30%	不通孔改成通孔
		压入弹性小的衬套

结构名称	简　图	措　施
过盈配合	K_σ减小约40%  $d_1=(1.06\sim1.08)d$	增大配合处直径
	K_σ减小约30%～40%  $r>(0.1\sim0.2)d$	轴上开卸载槽并辊压
圆角		加大圆角半径，设中间环
		加退刀圆角
花键	 $d_1=(1.1\sim1.3)d$	增大花键直径
		花键加退刀槽
横孔		孔上倒角或滚珠辗压

（续）

结构名称	简　　图	措　　施	结构名称	简　　图	措　　施
过盈配合	K_σ减小约15%～25% $r=\frac{d}{30}$　$\frac{d}{8}$　$d/10$　$d/20$　d	轮毂上开卸荷槽	过盈配合	K_σ减小约15%～25% $d/4$　d	减小轮毂端部厚度

注：K_σ—弯曲时的有效应力集中系数。

10.1.2.4　转轴的结构设计实例及分析

有一个齿轮轴系如图 10-3 所示，轴承为两端单向固定的结构，齿轮为油润滑，轴承为脂润滑（轴承为深沟球轴承），试画出此轴系结构图。

（1）设置轴上的零件

由于题目给出轴承为脂润滑，因此应安放挡油板，挡油板是非标准件，有多种结构，本题选用套筒与挡油板合二为一的结构，如图 10-4 件 4 及 7。考虑齿轮定位，设置套筒，如图 10-4 件 6。考虑轴承的润滑剂不流出以及灰尘颗粒不进入轴承，在右轴承透盖设置羊毛毡密封件，如图 10-4 中件 11。考虑轴承间隙的调整，在左轴承盖与箱体之间放调整垫，如图 10-4 中件 13。为使轴承盖固定在箱体上，设置轴承盖螺钉，如图 10-4 中件 14。

解：

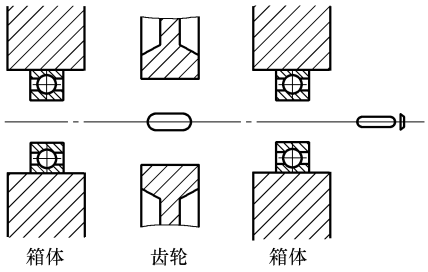


图 10-3　实例题图

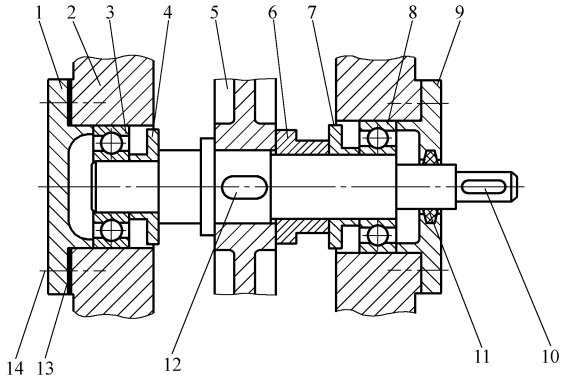


图 10-4　实例题解

1—轴承盖　2—箱体　3—左轴承　4—左挡油板　5—齿轮　6—套筒　7—右挡油板　8—右轴承　9—轴承透盖　10—伸出轴的键　11—密封毡　12—键　13—调整垫片　14—轴承盖螺钉

（2）考虑轴上零件的轴向固定

1）轴承的固定。根据题目给出：轴承为两端单向固定结构，因此按图 10-4 左端轴承的外圈用轴承盖固定，内圈用挡油板固定。同理右端轴承也用同样方式固定，区别在于右端轴承盖为透盖，因为有伸出轴。

2）齿轮的轴向固定。如图 10-4 所示，齿轮左面用轴台（环）顶住、右面用套筒顶住，

考虑到套筒能有效地顶住齿轮，因此装齿轮的轴段长度应比齿轮的宽度稍短。

3）其他零件的轴向固定。轴上其他零件如挡油板件 4 及件 7、套筒 6 等靠轴上零件轴向相互挤压而固定。

整个轴上零件在轴向形成了一个力的传递链，从左向右：左轴承盖——左轴承外圈——左轴承内圈——左挡油板——轴肩——轴环——齿轮——套筒——右挡油板——右轴承内圈——右轴承外圈——右轴承盖——螺钉——箱体。

（3）考虑轴上零件的周向固定

齿轮与轴用键连接，如图 10-4 中件 12。轴伸的外连接零件（联轴器、带轮或链轮等）与轴用键连接，如图 10-4 中件 10。轴承与轴通过过盈连接实现周向固定；套筒和挡油板依靠轴向零件的相互顶紧，与齿轮、轴承内圈同步运动，因此也就实现了周向固定。

（4）考虑轴上零件的装拆及定位

为了便于轴上零件的装与拆，设计成阶梯轴（当然阶梯轴的重要作用是轴上零件的轴向固定），例如从右端起第一个阶梯是考虑轴伸的外连接零件（联轴器、带轮或链轮等）轴向定位；第二个阶梯是考虑装右轴承方便；第三个阶梯是考虑装齿轮方便；第四个阶梯是考虑齿轮的轴向定位。从左边起第一个阶梯是考虑挡油板 4 的轴向定位。

（5）考虑运动件与静止件不能相碰

图 10-4 中轴承盖 9 是静止件，而轴是运动件，因此轴承盖 9 与轴有一点间隙。挡油板 4 及 7 是运动件，箱体 2 是静止件，因此他们之间留了空隙，如图 10-4 所示。

10.1.3 轴的强度计算

轴的强度计算主要有三种方法：按许用切应力计算；按许用弯曲应力计算；按安全系数校核计算。按许用切应力计算只需知道转矩的大小，方法简便，常用于传动轴的强度计算和转轴基本直径的估算。按许用弯曲应力计算必须先知道作用力的大小和作用点的位置、轴承跨距、各段轴径等参数，主要用于计算一般重要的、弯扭复合作用的轴。安全系数校核计算要在结构设计后进行，不仅要先知道轴的各段轴径，而且要知道过渡圆角、过盈配合、表面粗糙度等细节，主要用于重要的轴的强度计算。

10.1.3.1 按许用切应力计算

传动轴只受转矩的作用，可直接按许用切应力设计其轴径。转轴受弯扭复合作用，在设计开始时，因为各轴段长度未定，轴的跨距和轴上弯矩大小是未知的，所以不能按轴所受弯矩来计算轴颈。通常是按轴所传递的转矩估算出轴上受扭转轴段的最小直径，并以其作为基本参考尺寸进行轴的结构设计。

由材料力学可知，实心圆轴的抗扭强度条件为

$$\tau_{\mathrm{T}}=\frac{T}{W_{\mathrm{T}}}\approx\frac{9.55\times10^{6}\dfrac{P}{n}}{0.2d^{3}}\leqslant[\tau]_{\mathrm{T}} \tag{10-1}$$

由此得到轴的基本直径：

$$d\geqslant\sqrt[3]{\frac{9.55\times10^{6}P}{0.2[\tau]_{\mathrm{T}}n}}=C\sqrt[3]{\frac{P}{n}} \tag{10-2}$$

式中 d——轴的直径（mm）；

τ_T——轴的扭切应力（MPa）；

T——轴传递的转矩（N · mm）；

P——轴传递的功率（kW）；

n——轴的转速（r/min）；

W_T——轴的抗扭剖面系数（mm^3），其中 $W_T = \pi d^3/16 \approx 0.2d^3$；

$[\tau]_T$——许用扭切应力（已考虑弯矩对轴的影响）（MPa），见表 10-6；

C——计算常数，取决于轴的材料及受载情况，见表 10-6。

另外，若当按式（10-2）求得直径的轴段上开有键槽时，应适当增大轴径；单键槽增大 3%，双键槽增大 7%。然后将轴径圆整（见表 9-145）。

10.1.3.2　按许用弯曲应力计算

在设计转轴时，首先由式（10-2）估算轴的基本直径，并依此完成轴的结构设计，当轴上零件的位置确定后，轴上的载荷的大小、位置以及支点跨距等便均能确定。此时就可按许用弯曲应力校核轴的强度。校核的一般顺序如下：

1）画出轴的空间受力简图。为简化计算，将齿轮、链轮等传动零件对轴的载荷视为作用于轮毂宽度中点的集中载荷；应将支反力作用点取在轴承的载荷作用中心；不计零件自重，将齿轮等轴上零件对轴的载荷分解到水平面和垂直面内。

2）作水平面受力图及弯矩 M_H 图。

3）作垂直面受力图及弯矩 M_V 图。

4）作合成弯矩 $M = \sqrt{M_H^2 + M_V^2}$图。

5）作转矩 T 图。

6）作当量弯矩图。

7）强度计算。

① 确定危险剖面。根据弯矩、转矩最大或弯矩、转矩较大而相对尺寸较小的原则选一个或几个危险截面。

② 求危险截面上的当量弯矩 $M_e = \sqrt{M^2 + (\alpha T^2)}$（由第三强度理论推出）其中 α 是考虑转矩与弯矩性质不同而设的应力校正系数。对于不变的转矩，取 $\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]_b}{[\sigma_{+1}]_b} = 0.3$；对于脉动循环的转矩，取 $\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]_b}{[\sigma_0]_b} = 0.6$；对于对称循环的转矩，取 $\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]_b}{[\sigma_{-1}]_b} = 1$。如转矩变化规律不清楚，一般按脉动循环处理。$[\sigma_{+1}]_b$、$[\sigma_0]_b$、$[\sigma_{-1}]_b$ 分别为材料在静应力、脉动循环、对称循环状态下的许用弯曲应力（MPa），见表 10-7。

③ 强度校核。实心圆轴上危险截面应满足以下强度条件：

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W} \leqslant [\sigma_{-1}]_b \tag{10-3}$$

式中　W——危险截面的抗弯截面系数（mm^3），对实心圆轴 $W = \pi d^3/32 \approx 0.1d^3$，非圆截面的 W 见表 10-19；

d——危险截面直径（mm）。

10.1.3.3 按许用安全系数校核轴的疲劳强度

按许用安全系数校核轴的疲劳强度，是考虑了轴上变应力的循环特性、应力集中、表面质量及尺寸因素等对轴疲劳强度影响的精确校核方法。

经过轴的结构设计，确定了轴各部分尺寸、表面质量、和结构形状后，按弯矩、转矩最大或弯矩、转矩较大而相对尺寸较小、应力集中较严重的分析原则，可找到一个或几个危险截面，并校核其安全系数。

1. 轴的疲劳强度安全系数校核计算公式

$$S=\frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2+S_\tau^2}}\geqslant[S] \tag{10-4}$$

$$S_\sigma=\frac{K_N\sigma_{-1}}{\dfrac{K_\sigma}{\beta\varepsilon_\sigma}\sigma_a+\psi_\sigma\sigma_m} \tag{10-5}$$

$$S_\tau=\frac{K_N\tau_{-1}}{\dfrac{K_\tau}{\beta\varepsilon_\tau}\tau_a+\psi_\tau\tau_m} \tag{10-6}$$

式中 S_σ、S_τ——弯矩和转矩作用下的安全系数；

$[S]$——许用安全系数，见表 10-8；

σ_{-1}、τ_{-1}——材料在弯曲和扭转时的对称循环疲劳极限（MPa），分别见表 10-5；

K_σ、K_τ——弯曲和扭转时的有效应力集中系数，见表 10-9 ~ 表 10-11；

ε_σ、ε_τ——弯曲和扭转时的绝对尺寸系数，见表 10-15；

ψ_σ、ψ_τ——弯曲和扭转时的等效系数，对碳钢，$\psi_\sigma=0.1\sim0.2$、$\psi_\tau=0.05\sim0.1$，对合金钢，取 $\psi_\sigma=0.2\sim0.3$、$\psi_\tau=0.1\sim0.15$，或者按式 $\psi_\sigma=\dfrac{2\sigma_{-1}-\sigma_0}{\sigma_0}$、$\psi_\tau=\dfrac{2\tau_{-1}-\tau_0}{\tau_0}$计算；

β——表面质量系数，见表 10-13、表 10-14；

K_N——寿命系数，$K_N=\sqrt[m]{\dfrac{N_0}{N}}$，$N_0$ 是循环基数，其值和材料有关，通常计算时取 $N_0=10^7$，对硬度 < 350HBW 的钢，若 $N>10^7$ 取 $N=N_0=10^7$，硬度 ≥ 350HBW 的钢，若 $N>25\times10^7$，取 $N=N_0=25\times10^7$，有色金属，若 $N>25\times10^7$ 取 $N=N_0=25\times10^7$，m 为寿命指数，其值与受载方式及材质有关，钢件在拉、压、弯曲及扭应力下，取 $m=9$；

σ_a、σ_m——弯曲应力的应力幅和平均应力（MPa）；

τ_a、τ_m——扭切应力的应力幅和平均应力（MPa）。

2. 轴的静强度校核

为了检验轴抵抗塑性变形的能力，需要对轴进行静强度校核。轴的静强度，是根据轴的短时最大载荷（包括冲击载荷）即峰值载荷计算的，强度校核条件为

$$S_{s\sigma}=\frac{\sigma_s}{\sigma_{max}} \tag{10-7}$$

$$S_{s\tau}=\frac{\tau_s}{\tau_{max}} \tag{10-8}$$

$$S_s=\frac{S_{s\sigma}S_{s\tau}}{\sqrt{S_{s\sigma}^2+S_{s\tau}^2}}\geqslant[S_s] \tag{10-9}$$

式中　σ_{max}、τ_{max}——峰值载荷产生的弯曲应力和扭切应力；

σ_s、τ_s——材料的正应力和切应力屈服点；

$[S_s]$——静强度的许用安全系数，见表 10-16。

10.1.3.4　轴设计步骤流程图

轴设计步骤流程如图 10-5 所示。

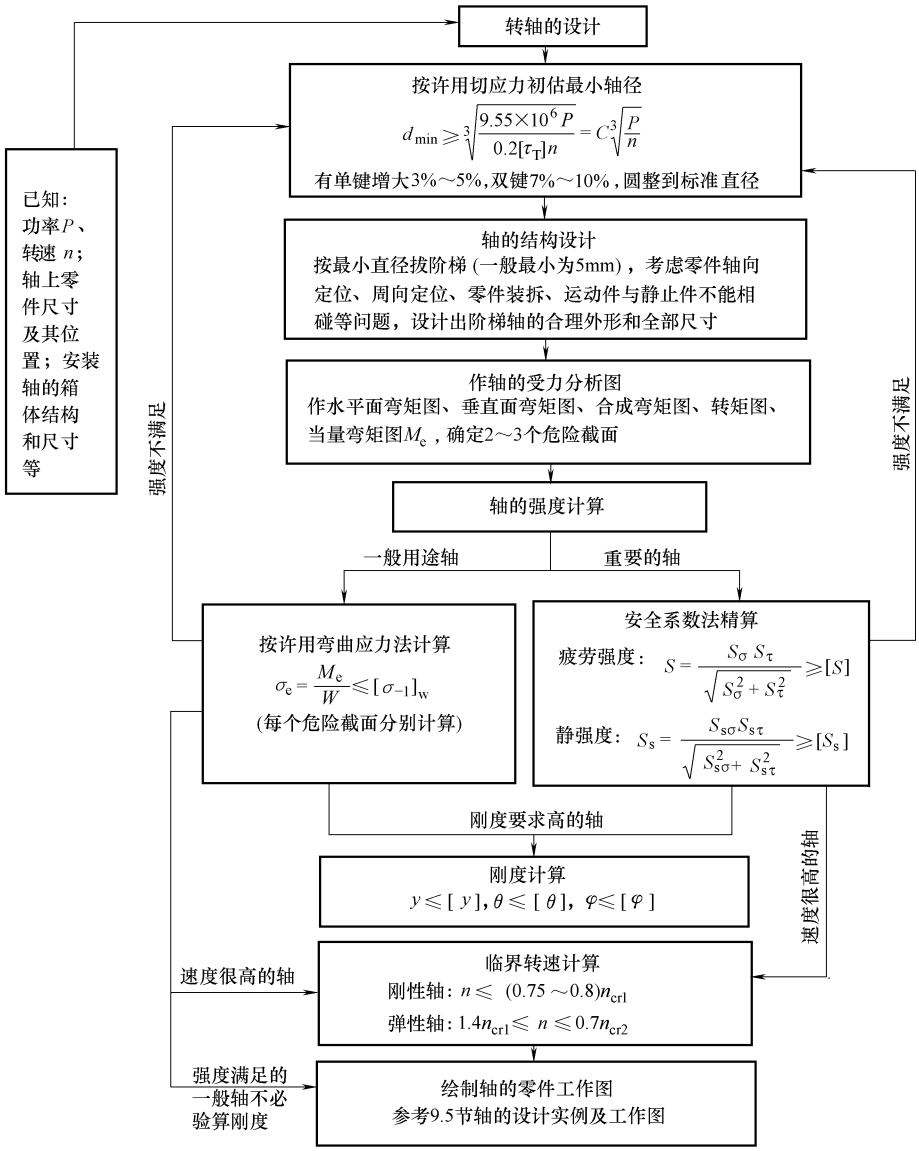


图 10-5　轴设计步骤流程

10.1.3.5 轴的强度设计计算实例及分析

设计实例 1

已知轴传递的功率 $P=10\text{kW}$，转速 $n=200\text{r/min}$，已设计好齿轮轮毂宽 $B=100\text{mm}$，齿数 $z=40$，模数 $m=5\text{mm}$，螺旋角 $\beta=9°22'$，轴端装有联轴器，按此条件，试设计运送零件的带式运输机减速器的高速轴（已查出电动机伸出轴的轴径为 $D=38\text{mm}$，伸出轴长为 $E=80\text{mm}$）。

解：

此题为比较完整的设计题目，包括初估轴径、作轴的结构设计、轴的强度计算（含校核轴的危险截面的强度）三部分。为了初估轴径及作轴的结构设计，必须首先计算出轴上所受扭矩，求出最小直径；作轴的强度计算时，因为是一般用途的轴，可用当量弯矩法：①根据轴的受力及支撑情况，画出轴空间受力简图；分解为水平面及垂直面受力图。计算水平面支反力及垂直面支反力。②作水平面弯矩图，垂直面弯矩图。③作合成弯矩图。④作扭矩图。⑤绘出当量弯矩图。⑥校核 2～3 个危险截面的强度。

而要画出轴空间受力简图，就必须首先求出轴上所受的力、扭矩；而要求出轴上所受的力，就必须首先求出齿轮的受力（分力的形式）。

设计项目及依据和计算结果见表 10-4。

表 10-4 设计项目及依据和计算结果

设计项目及依据	设计结果
1. 求轴所受的扭矩 $T=9.55\times10^6\dfrac{P}{n}=9.55\times10^6\times\dfrac{10}{200}\text{N}\cdot\text{mm}=477.5\times10^3\text{N}\cdot\text{mm}$	$T=477.5\times10^3\text{N}\cdot\text{mm}$
2. 计算齿轮的受力 圆周力： $F_t=\dfrac{2T_1}{d_1}=\dfrac{2T_1}{(m_n\times z_1)/\cos\beta}=\dfrac{2\times477500}{(5\times40)/\cos9°22'}\text{N}=4710\text{N}$ 径向力： $F_r=F_t\times\dfrac{\tan\alpha_n}{\cos\beta}=4710\times\dfrac{\tan20°}{\cos9°22'}\text{N}=1740\text{N}$ 轴向力： $F_a=F_t\times\tan\beta=4710\times\tan9°22'\text{N}=777\text{N}$	$F_t=4710\text{N}$ $F_r=1740\text{N}$ $F_a=777\text{N}$
3. 选择轴的材料及热处理 参考表 10-5，选择市场供应充足、性能好的中碳钢 45 钢为轴的材料，调质处理，查得其机械性能为： $R_m=650\text{MPa}$，$R_{eL}=360\text{MPa}$，$\sigma_{-1}=270\text{MPa}$，$\tau_{-1}=155\text{MPa}$；参考表 10-7：$[\sigma_{-1}]_b\approx60\text{MPa}$	$[\sigma_{-1}]_b\approx60\text{MPa}$
4. 初算最小轴径 由表 10-6 查得 45 钢的 $C=110$，代入公式： $d_{min}\geqslant C\sqrt[3]{\dfrac{P}{n}}\geqslant110\times\sqrt[3]{\dfrac{10}{200}}\text{mm}\approx40.52\text{mm}$ 即轴的最小直径为 40.52mm，轴的最小直径显然是安装联轴器处轴的直径，需开键槽，故将最小轴径增加 5%，即：$40.52\times1.05=42.55\text{mm}$。注意：取标准直径 45mm（参考表 9-145 查标准尺寸 GB/T 2822—2005）	$d_{min}=45\text{mm}$

（续）

设计项目及依据	设计结果
5. 选择联轴器 取载荷系数 $K_A = 1.3$，则联轴器的计算转矩为： $T_c = K_A T_1 = 1.3 \times 477.5 \times 10^3 \text{N} \cdot \text{mm} = 620.75 \times 10^3 \text{N} \cdot \text{mm}$ 根据计算转矩、最小轴径、轴的转速，参考第 12 章联轴器，选用弹性柱销联轴器（GB/T 5014—2003），其型号为： 联轴器 LX3 $= \frac{\text{YA38} \times 82}{\text{YA45} \times 82}$GB/T 5014—2003 提示：按扭矩选取联轴器型号时，但还必须考虑联轴器的孔径能否满足电动机轴径 $D = 38\text{mm}$ 的要求，恰好该联轴器有 $D = 38\text{mm}$ 的孔，因此选联轴器 LX3 $\frac{\text{YA38} \times 82}{\text{YA45} \times 82}$合适	联轴器 LX3 $\frac{\text{YA38} \times 82}{\text{YA45} \times 82}$
6. 初选轴承 由于轴承同时受径向力和轴向力的作用，为了安全起见，故选用角接触球轴承。根据工作要求及输入端的最小直径（前面计算得 $\phi 45\text{mm}$），装联轴器处为轴向固定安装，轴径需要起一个台阶（$\phi 50\text{mm}$）；装滚动轴承处的轴径为了便于安装滚动轴承及减小精加工面，也需要起一个台阶（$\phi 55\text{mm}$）。因此，选滚动轴承 7211C 的，其尺寸（内径 × 外径 × 宽度）为 $d \times D \times b = 55 \times 100 \times 21$（第 11 章滚动轴承 GB/T 292—2007）	滚动轴承 7211C
7. 拟定轴上零件的装配方案： （1）确定轴的结构 据轴上零件定位、加工要求以及不同的零件装配方案，参考轴的结构设计的基本要求，得出如图 10-6 和图 10-7 所示的两种不同轴结构 图 10-6 中，齿轮、套筒、左端轴承和端盖从轴的左端装入，右端轴承和端盖、联轴器依次从轴的右端装入。图 10-7 中，齿轮从轴的右端装入，即齿轮、套筒、右端轴承和端盖、联轴器依次从轴的右端装入，仅左端轴承及盖从左端装入 分析比较两个装配方案，可以看出，图 10-7 的装拆更为简便，若为成批生产，该方案在机加工和装拆等方面更能发挥其长处。综合考虑各种因素，故初步选定图 10-7 所示的结构 （2）确定轴的各段直径 由于联轴器型号已定，右端用轴端挡圈定位，左端用轴肩定位。故轴段 6 的直径即为相配合的半联轴器的直径，取为 45mm 联轴器是靠轴段 5 的轴肩来进行轴向定位的，为了保证定位可靠，轴段 5 要比轴段 6 的直径大 5 ~ 10mm，因为羊毛毡密封毡圈的标准接近的只有 50mm 及 55mm 可取，考虑到结构紧凑，取轴段 5 的直径为 50mm 轴段 1 和轴段 4 均是放置滚动轴承的，考虑右轴承容易装入，因此应比轴段 5 直径（50mm）再加粗，又考虑轴承内孔是 5 的倍数，因此取轴段 4 及轴段 1 的直径取值与滚动轴承内圈直径一样，为 55mm 考虑齿轮拆卸的方便，轴段 3 的直径只要比轴段 4 的直径大 1 ~ 2mm 就行了，这里取为 58mm 轴段 2 是一轴环，右侧用来定位齿轮，左侧用来定位滚动轴承，由第 6 项选滚动轴承 7211C，由第 11 章（GB/T 292—2007）查得该型号的滚动轴承内圈安装尺寸为 64mm。同时轴环的直径还要满足比轴段 3 的直径（为 58mm）大 5 ~ 10mm 的要求，故这段直径最终取为 66mm（比较勉强，但也能卸下轴承）。或者，满足滚动轴承内圈安装尺寸为 64mm，轴段 2 做成阶梯形状，左段为 64mm，满足轴承拆卸要求，右段为 70 mm 以满足齿轮定位要求（更合理） （3）确定轴的各段长度 轴段 6 的长度比半联轴器的毂孔长度要（为 84mm）短 2 ~ 3mm，这样可保证轴端挡圈只压在半联轴器上而不压在轴的端面上，故该段轴长取为 82mm 同理，轴段 3 的长度要比齿轮的轮毂宽度（为 100mm）短 2 ~ 3mm，故该段轴长取为 98mm 轴段 1 的长度即为滚动轴承的宽度，查第 11 章轴承的宽度 $b = 21\text{mm}$ 轴环 2 宽度取为 18mm	选用平键 14 × 9 × 63 GB/T 1095—2003 联轴器与轴的配合为 H7/k6

（续）

设计项目及依据	设计结果
轴承端盖的总宽度为20mm（由减速器及轴承端盖的结构设计而定）。根据轴承端盖的装拆及便于对轴承添加润滑脂的要求，取端盖的外端面与半联轴器右端面间的距离 $l=25\text{mm}$，故取轴段5的长度为45mm 取齿轮距箱体内壁之距离为10mm，考虑到箱体的铸造误差，在确定滚动轴承位置时，应距箱体内壁一段距离，取5mm。已知滚动轴承宽度为21mm，齿轮轮毂长为100mm，则轴段4的长度为：$10\text{mm}+5\text{mm}+(100\text{mm}-98\text{mm})+21\text{mm}=38\text{mm}$ （4）轴上零件的周向定位 齿轮、半联轴器与轴的周向定位均采用平键连接。对于齿轮，由第8章键连接查得平键的截面尺寸宽×高=16mm×10mm（GB/T 1095—2003），键槽用键槽铣刀加工，长为80mm（标准键长GB/T 1095—2003），同时确定齿轮轮毂与轴的配合为H7/k6；同样，半联轴器与轴的连接，选用平键为14mm×9mm×63mm，半联轴器与轴的配合为H7/k6。滚动轴承与轴的周向定位是靠与轴过盈配合来保证的，此处选轴的直径尺寸公差为k6 （5）确定轴上圆角和倒角尺寸 取轴端倒角为 $C2$	轴端倒角 $C2$
8. 按当量弯矩法校核轴的强度 （1）画轴的受力图 如图10-8所示：轴的空间受力简图如图c，将轴上作用力分解为垂直面受力图d和水平受力图e。分别求出垂直面上的支反力和水平面上支反力。对于零件作用于轴上的分布载荷或转矩（因轴上零件如齿轮、联轴器等均有宽度）可当作集中力作用于轴上零件的宽度中点。对于支反力的位置，随轴承类型和布置方式不同而异，在近似计算中可近似认为支反力位于轴承宽度的中点，本题为了简化，采用了近似计算法，即认为支反力位于轴承宽度的中点 （2）计算作用于轴上的支反力 水平面内支反力： $F_{HA}=F_{HB}=\frac{F_t}{2}=\frac{4710}{2}\text{N}=2355\text{N}$ 垂直面内支反力： $F_{VA}=\frac{F_r\times l/2+F_a\times d_1/2}{l}=1362\text{N}$ $F_{VB}=\frac{F_r\times l/2-F_a\times d_1/2}{l}=378\text{N}$ （3）计算轴的弯矩，并画弯矩图、扭矩图 分别作出垂直面和水平面上的弯矩图f、g（过程略） 求合成弯矩：$M=\sqrt{M_H^2+M_V^2}$（可以求出几个特殊点的值，采用近似画法，将其连成直线），作合成弯矩图 g'： a-a 截面（左）： $M=\sqrt{M_H^2+M_V^2}=\sqrt{188400^2+108960^2}\text{N}\cdot\text{mm}=217639\text{N}\cdot\text{mm}$ a-a 截面（右）： $M=\sqrt{M_H^2+M_V^2}=\sqrt{188400^2+30240^2}\text{N}\cdot\text{mm}=190812\text{N}\cdot\text{mm}$ b-b 截面（轴段3及4相连的截面）： $M=\sqrt{M_H^2+M_V^2}=\sqrt{11340^2+70650^2}=71554\text{N}\cdot\text{mm}$ 画扭矩图如图h （4）计算当量弯矩，并画当量弯矩图 求当量弯矩： $M'=\sqrt{M^2+(\alpha T^2)}$（可以求出几个特殊点的值，采用近似画法，将其连成直线），作当量弯矩图	$F_{HA}=2355\text{N}$ $F_{HB}=2355\text{N}$ $F_{VA}=1362\text{N}$ $F_{VB}=378\text{N}$ a—a 截面（左）： $M=217639\text{N}\cdot\text{mm}$ a—a 截面（右）： $M=190812\text{N}\cdot\text{mm}$ b—b 截面： $M=71554\text{N}\cdot\text{mm}$

（续）

设计项目及依据	设计结果
式中：α 为应力折算系数，本题扭矩变化规律不能确切判定时，按脉动循环处理，即： $\alpha T = 0.6 \times 477500\text{N} \cdot \text{mm} = 286500\text{N} \cdot \text{mm}$ a—a 截面（齿轮中点处）左面处当量弯矩为： $M' = \sqrt{M^2 + (\alpha T^2)} = \sqrt{(217639)^2 + (286500)^2}\text{N} \cdot \text{mm} = 359790\text{N} \cdot \text{mm}$ a—a 截面右面处当量弯矩为 $M' = \sqrt{M^2 + (\alpha T^2)} = \sqrt{(190812)^2 + (286500)^2}\text{N} \cdot \text{mm} = 344225\text{N} \cdot \text{mm}$ b—b 截面（轴段 3 与轴段 4 过渡截面）处当量弯矩： $M' = \sqrt{M^2 + (\alpha T^2)} = \sqrt{(71554)^2 + (286500)^2}\text{N} \cdot \text{mm} = 295300\text{N} \cdot \text{mm}$ c—c 截面（右轴承支点的截面）处当量弯矩： $M' = \sqrt{M^2 + (\alpha T^2)} = \sqrt{0^2 + (286500)^2}\text{N} \cdot \text{mm} = 286500\text{N} \cdot \text{mm}$ （5）校核轴的强度 利用公式：$\sigma = \frac{M'}{W} \leqslant [\sigma_{-1}]_b$ 找出 2 ~ 3 个危险截面进行校核 一般而言，轴的强度是否满足要求只需对危险截面进行校核即可，而轴的危险截面多发生在当量弯矩最大或当量弯矩较大且轴的直径较小或应力集中的截面处。从图 10-8 根据轴的结构尺寸和当量弯矩图可知，a—a 截面处弯矩最大，且截面尺寸也非最大，属于危险截面；b—b 截面处当量弯矩不大但轴径较小，也属于危险截面。而对于 c—c、d—d 截面尺寸，仅受纯转矩作用，虽 d—d 截面尺寸最小，但由于轴的最小直径是按扭转强度计算的，扭转强度计算时安全系数取得较大，故强度肯定满足，无须校核弯扭合成强度 a—a 截面处：考虑键槽的影响，由第 8 章第 2 节查平键：轴径 $d = 58\text{mm}$，因此 $b = 16\text{mm}$，$t = 6\text{mm}$。查表10-19 抗弯截面模量 W 的计算公式，得抗弯截面模量为： $W_A = \frac{\pi}{32}d^3 - \frac{bt(d-t)^2}{2d} = \frac{\pi}{32} \times 58^3\text{m}^3 - \frac{16 \times 6 \times (58-6)^2}{2 \times 58}\text{m}^3 \approx 16.9 \times 10^3\text{mm}^3$ 强度校核：$\sigma_{合成} = \frac{M'}{W} = \frac{343810}{16.9 \times 10^3} = 20.3\text{MPa} < [\sigma_{-1}]_b = 60\text{MPa}$，故安全 式中的 $[\sigma_{-1}]_b = 60\text{MPa}$（由以上第 3 项可知） b—b 截面处：轴径为 55mm，抗弯截面模量为 $W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi \times 55^3}{32}\text{mm}^3 = 16.3 \times 10^3\text{mm}^3$ 强度校核：$\sigma_{合成} = \frac{M'}{W} = \frac{294815}{16.3 \times 10^3} = 18.1\text{MPa} < [\sigma_{-1}]_b = 60\text{MPa}$，故安全 c—c、d—d 截面因轴径较小、载荷不大，所以不如 a—a、b—b 截面危险，强度校核略	

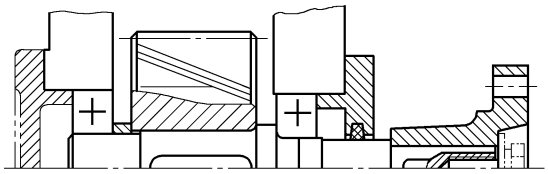


图 10-6　设计实例 1 题图 1

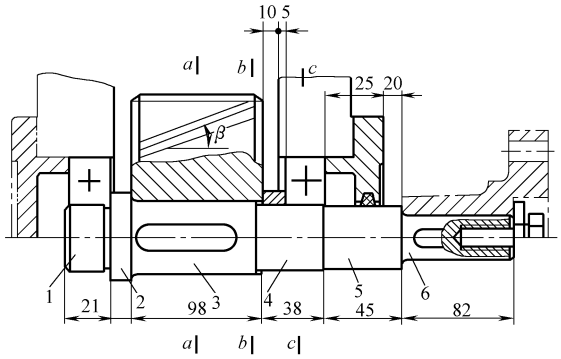


图 10-7　设计实例 1 题图 2

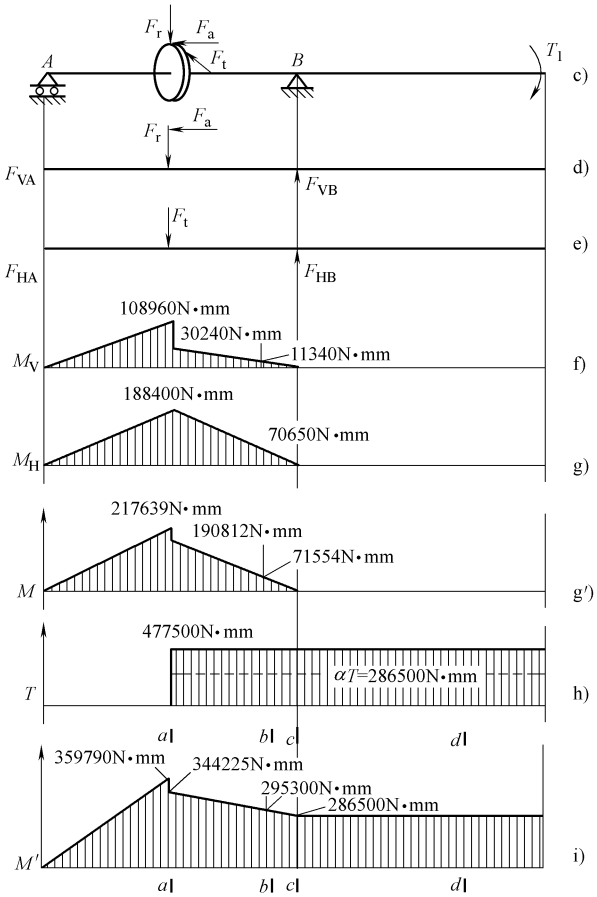


图 10-8　实例 1 强度计算用图

设计实例 2

有一传动轴，由电动机带动，已知传递的功率 $P=10\text{kW}$，转速 $n=120\text{r/min}$，查得 $C=112$，试估算轴的直径。

解：

（1）选择轴的材料

参考表 10-5，选用工程常用材料 45 钢、正火处理。

（2）估算该轴所需的最小轴径

查表 10-6 取 45 钢的系数 C 值为 112，因此轴径为

$$d \geqslant C\sqrt[3]{\frac{P}{n}} \geqslant 112 \times \sqrt[3]{\frac{10}{120}}\text{mm} \geqslant 48.92\text{mm}$$

参考表 9-145 取标准直径，即取 $d=50\text{mm}$。

10.1.3.6　轴零件工作图示例及分析

1. 视图表示

轴类零件，一般采用一个主视图加几个局部剖面图表示，如果零件上有键槽，为了表示出键槽的尺寸，应该在键槽所在的截面画出剖面图，注意，每一个键槽都应该画出剖面图。

2. 图面标注

与其他零件相同，轴类零件应该标出加工轴和检测轴所必需的尺寸、尺寸公差、几何公差、表面加工符号，同时还应写出图上不便表示清楚的技术要求等内容。

标注尺寸时，一是注意尺寸链不要封闭；再就是应该按便于轴的加工和测量的原则进行标注，尽量使加工基准与测量基准一致。

（1）配合及尺寸公差标注

常用轴孔的配合参考表 10-17 选取，凡是有键连接的轴孔配合多数采用过渡配合，以本题为例，齿轮、联轴器与轴的配合选用过渡配合 H7/k6，当然也可用 H7/r6，此时轴端应加工成倒锥以方便装拆齿轮。本题齿轮与轴的配合选用过渡配合 H7/k6，装齿轮部分轴径的尺寸公差为 k6，其值可查阅第 4 章轴的极限偏差 GB/T 1800.2—2009，尺寸偏差值为 $^{+0.021}_{+0.002}$ mm，因此可在零件图中标出轴的尺寸及偏差为：$\phi 58\text{k}6\,^{+0.021}_{+0.002}$。如为批量生产，可简化标注为 $\phi 58\text{k}6$ 即可；如单件生产时，最好直接标出偏差值，即 $\phi 58\,^{+0.021}_{+0.002}$。

滚动轴承与轴的配合本应该是过盈配合（轴带动轴承内圈转动），但因滚动轴承的公差带为负值，因此按一般圆柱体的过渡配合（例如 H7/k6）设计而实际得到的却是过盈配合，因此轴颈（装滚动轴承处）尺寸偏差仍是 k6，查第 4 章轴的极限偏差 GB/T 1800.2—2009，尺寸偏差值为 $^{+0.021}_{+0.002}$mm，因此可在零件图中标出轴的尺寸及偏差为：$\phi 55\text{k}6\,^{+0.021}_{+0.002}$。

键槽尺寸参考 GB/T 1095—1979（已作废）：本题装齿轮处轴径 $d=52$mm 时，键槽宽度 $b=16$mm，轴槽深 $t=6$mm，t 的公差为 $^{+0.2}_{0}$mm。为了便于测量，通常在零件图中标注 $d-t$ 及其偏差，但标准中规定：此时偏差取负值，本题 $d-t=52-6=46$mm，在零件图的标注为：$46\,^{0}_{-0.2}$。

（2）几何公差的标注

轴零件工作图还必须标注必要的几何公差，以保证轴的加工精度和轴的装配质量。通常需要标注的几何公差有：装齿轮和装滚动轴承处的圆跳动；定位端面的端面跳动；装滚动轴承处的圆度、圆柱度；键槽的对称度；如果轴比较长或要求较高的轴，还需标出两轴承的同轴度。以上几何公差值可参考第 5 章：GB/T 1182—2008 圆度、圆柱度、对称度、圆跳动和同轴度的公差值。

（3）特殊轴段的标注

装滚动轴承的轴段（轴颈）需要磨削，因此需要设计砂轮越程槽，但是如果批量生产也可以将砂轮修缘，使其圆角与轴的圆角相同，此时不必设计砂轮越程槽。如轴端有螺纹时，应设计螺纹退刀槽。

（4）中心孔

轴在车床加工时需用顶尖顶住，因此必须设计中心孔，中心孔在零件图上应用指引线标出，中心孔类型及尺寸可参考第 2 章。

（5）表面粗糙度

由于轴的各部分精度不同，加工方法不同，表面粗糙度也不相同。表面粗糙度的选择可参考表 10-18。例如本题装轴承处的轴表面粗糙度为 $Ra0.8\mu$m，键槽和安装齿轮处为 $Ra3.2\mu$m，其他取 $Ra6.3\mu$m。

（6）技术条件

轴类零件图上的技术条件包括以下内容：

1）对材料和表面性能的要求，如所选材料牌号及热处理方法，热处理后应达到的硬度值等。

2）对图中未注明的圆角、倒角尺寸及其他特殊要求的说明等。

3. 轴的工作图示例

如图 10-9 所示为典型轴的工作图。

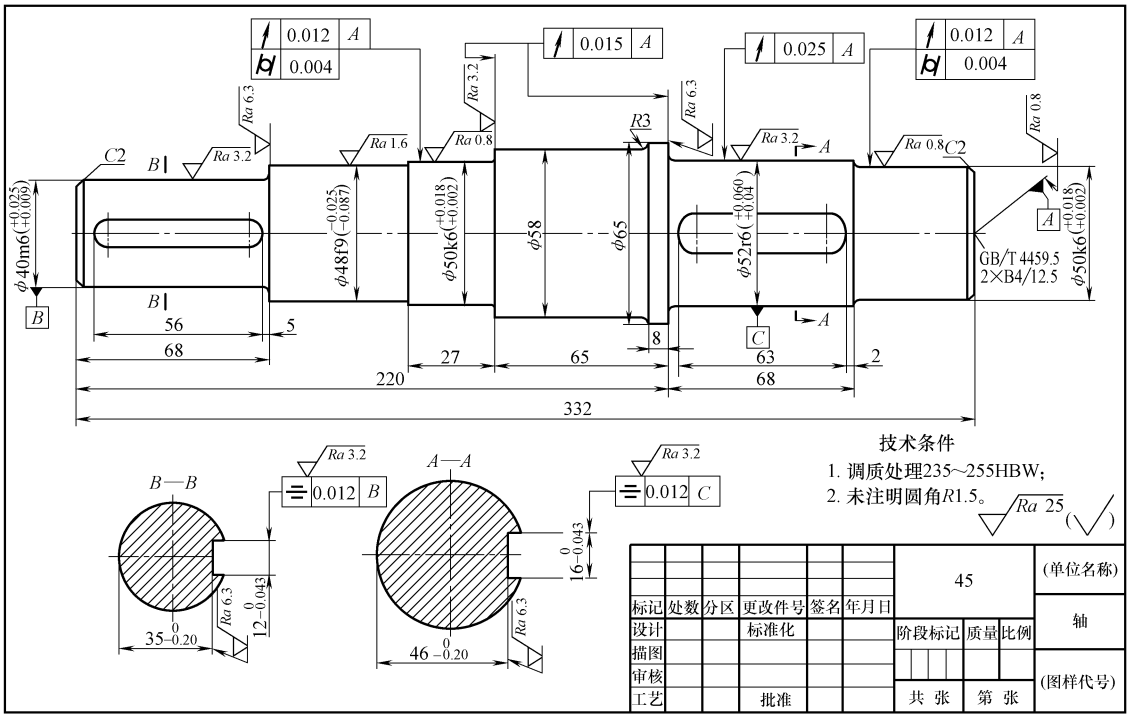


图 10-9　轴零件工作图示例

10.2　设计标准及规范

10.2.1　轴的常用材料及其性能（表 10-5）

表 10-5　轴的常用材料、机械性能及应用　　（MPa）

材料牌号	热处理	毛坯直径/mm	硬度HBW	抗拉强度 R_m/MPa	下屈服强度 R_{eL}/MPa	弯曲疲劳极限 σ_{-1}/MPa	扭转疲劳极限 τ_{-1}/MPa	备　注
Q235		>16~40		418	225	174	100	用于不重要或受力较小的轴
Q275		>16~40		550	265	220	127	
20	正火	25	≤156	420	250	180	100	用于载荷不大要求韧性好的轴
	正火回火	≤100	103~156	400	220	165	95	
		>100~300		380	200	155	90	
		>300~500		370	190	150	85	
		>500~700		360	180	145	80	

（续）

材料牌号	热处理	毛坯直径/mm	硬度 HBW	抗拉强度 R_m/MPa	下屈服强度 R_{eL}/MPa	弯曲疲劳极限 σ_{-1}/MPa	扭转疲劳极限 τ_{-1}/MPa	备　注
35	正火	25	≤187	540	320	230	130	应用最广泛
	正火回火	≤100	149～187	520	270	210	120	
		>100～300		500	260	205	115	
		>300～500	143～187	480	240	190	110	
		>500～750		460	230	185	105	
	调质	≤100	156～207	560	300	230	130	
		>100～300		540	280	220	125	
45	正火	25	≤241	610	360	260	150	
	正火回火	≤100	170～217	600	300	240	140	
		>100～300		580	290	235	135	
		>300～500	162～217	560	280	225	130	
		>500～750	156～217	540	270	215	125	
	调质	≤200	217～255	650	360	270	155	
40Cr	调质	25		1000	800	485	280	用于载荷较大，而无大冲击的重要轴
		≤100	241～286	750	550	350	200	
		>100～300	229～269	700	500	320	185	
		>300～500		650	450	295	170	
		>500～800	217～255	600	350	255	145	
37SiMn2MoV	调质	25		1000	850	495	285	用于高强度、大尺寸及重载荷的轴。35SiMn、42SiMn、40MnB 的性能与之相近
		≤200	269～302	880	700	425	245	
		>200～400	241～286	830	650	395	230	
		>400～600	241～269	780	600	370	215	
38CrMoAlA	调质	30	229	1000	850	495	285	用于要求高耐磨性、高强度且变形很小的轴

注：1. 表中所列疲劳极限数值，均按下面计算：钢 $\sigma_{-1}\approx 0.27(R_m+R_{eL})$，$\tau_{-1}\approx 0.156(R_m+R_{eL})$；球墨铸铁，$\sigma_{-1}\approx 0.36R_m$，$\tau_{-1}\approx 0.31R_m$。

2. 其他性能，一般可取 $\tau_s\approx(0.55\sim 0.62)R_{eL}$，$\sigma_0=1.4\sigma_{-1}$，$\tau_0=1.5\tau_{-1}$。

10.2.2　轴的强度计算系数（表 10-6～表 10-18）

表 10-6　轴常用材料的 $[\tau]_T$ 和 C 值

轴的材料	Q235、20	35	45	40Cr、35SiMn 38SiMnMo、2Cr13
$[\tau]_T$/MPa	12～20	20～30	30～40	40～50
C	160～135	135～118	118～106	106～98

注：当轴所受弯矩较小或只受转矩时，C 取小值，否则取较大值。

表 10-7　轴的许用弯曲应力　（MPa）

材料	R_m	$[\sigma_{+1}]_b$	$[\sigma_0]_b$	$[\sigma_{-1}]_b$	材料	R_m	$[\sigma_{+1}]_b$	$[\sigma_0]_b$	$[\sigma_{-1}]_b$
碳素钢	400	130	70	40	合金钢	800	270	130	75
	500	170	75	45		1000	330	150	90
	600	200	95	55	铸钢	400	100	50	30
	700	230	110	65		500	120	70	40

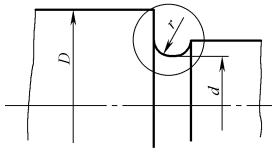
表 10-8　疲劳强度的许用安全系数

材质状态	载荷计算结果	[s]
均匀	精确	1.3 ~ 1.5
不够均匀	不够精确	1.5 ~ 1.8
均匀性较差	精确性较差	1.8 ~ 2.5

表 10-9　圆角处的有效应力集中系数

$\frac{D-d}{r}$	$\frac{r}{d}$	K_σ								K_τ							
		R_m/MPa															
		400	500	600	700	800	900	1000	1200	400	500	600	700	800	900	1000	1200
2	0.01	1.34	1.36	1.38	1.40	1.41	1.43	1.45	1.49	1.26	1.28	1.29	1.29	1.30	1.30	1.31	1.32
	0.02	1.41	1.44	1.47	1.49	1.52	1.54	1.57	1.62	1.33	1.35	1.36	1.37	1.37	1.38	1.39	1.42
	0.03	1.59	1.63	1.67	1.71	1.76	1.80	1.84	1.92	1.39	1.40	1.42	1.44	1.45	1.47	1.48	1.52
	0.05	1.54	1.59	1.64	1.69	1.73	1.78	1.83	1.93	1.42	1.43	1.44	1.46	1.47	1.50	1.51	1.54
	0.10	1.38	1.44	1.50	1.55	1.61	1.66	1.72	1.83	1.37	1.38	1.39	1.42	1.43	1.45	1.46	1.50
4	0.01	1.51	1.54	1.57	1.59	1.62	1.64	1.67	1.72	1.37	1.39	1.40	1.42	1.43	1.44	1.46	1.47
	0.02	1.76	1.81	1.86	1.91	1.96	2.01	2.06	2.16	1.53	1.55	1.58	1.59	1.61	1.62	1.65	1.68
	0.03	1.76	1.82	1.88	1.94	1.99	2.05	2.11	2.23	1.52	1.34	1.57	1.59	1.61	1.64	1.66	1.71
	0.05	1.70	1.76	1.82	1.88	1.95	2.01	2.07	2.19	1.50	1.53	1.57	1.59	1.62	1.65	1.68	1.71
6	0.01	1.86	1.90	1.94	1.99	2.03	2.08	2.12	2.21	1.54	1.57	1.59	1.61	1.64	1.66	1.68	1.73
	0.02	1.90	1.96	2.02	2.08	2.13	2.19	2.25	2.37	1.59	1.62	1.66	1.69	1.72	1.75	1.79	1.86
	0.03	1.89	1.96	2.03	2.10	2.16	2.23	2.30	2.44	1.61	1.65	1.68	1.72	1.74	1.77	1.81	1.88
10	0.01	2.07	2.12	2.17	2.23	2.28	2.34	2.39	2.50	2.12	2.18	2.24	2.30	2.37	2.42	2.48	2.60
	0.02	2.09	2.16	2.23	2.30	2.38	2.45	2.52	2.66	2.03	2.08	2.12	2.17	2.22	2.26	2.31	2.40

表 10-10　环槽处的有效应力集中系数

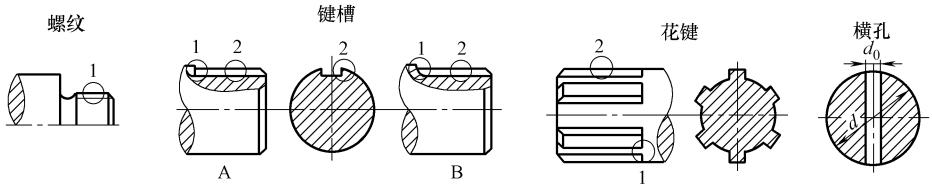


系数	$\frac{D-d}{r}$	$\frac{r}{d}$	R_m/MPa							
			400	500	600	700	800	900	1000	1200
K_σ	1	0.01	1.88	1.93	1.98	2.04	2.09	2.15	2.20	2.31
		0.02	1.79	1.84	1.89	1.95	2.00	2.06	2.11	2.23
		0.03	1.72	1.77	1.82	1.87	1.92	1.97	2.02	2.12
		0.05	1.61	1.66	1.71	1.77	1.82	1.88	1.93	2.04
		0.10	1.44	1.48	1.52	1.55	1.59	1.62	1.66	1.73
	2	0.01	2.09	2.15	2.21	2.27	2.37	2.39	2.45	2.57
		0.02	1.99	2.05	2.11	2.17	2.23	2.28	2.35	2.49
		0.03	1.91	1.97	2.03	2.08	2.14	2.19	2.25	2.36
		0.05	1.79	1.85	1.91	1.97	2.03	2.09	2.15	2.27
	4	0.01	2.29	2.36	2.43	2.50	2.56	2.63	2.70	2.84
		0.02	2.18	2.25	2.32	2.38	2.45	2.51	2.58	2.71
		0.03	2.10	2.16	2.22	2.28	2.35	2.41	2.47	2.59
	6	0.01	2.38	2.47	2.56	2.64	2.73	2.81	2.90	3.07
		0.02	2.28	2.35	2.42	2.49	2.56	2.63	2.70	2.84

（续）

系数 $\frac{D-d}{r}$		$\frac{r}{d}$	R_m/MPa							
			400	500	600	700	800	900	1000	1200
K_τ	任何比值	0.01	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.40
		0.02	1.51	1.60	1.69	1.77	1.86	1.94	2.03	2.20
		0.03	1.44	1.52	1.60	1.67	1.75	1.82	1.90	2.05
		0.05	1.34	1.40	1.46	1.52	1.57	1.63	1.69	1.81
		0.10	1.17	1.20	1.23	1.26	1.28	1.31	1.34	1.40

表 10-11　螺纹、键槽、花键及横孔的有效应力集中系数 K_σ 和 K_τ 值



R_m/MPa	螺纹	键槽			花键			横孔			蜗杆	
	K_N	K_σ		K_τ	K_σ	K_τ		K_σ	K_τ		K_σ	K_τ
	$K_\sigma=1$	A 型	B 型	A、B 型	（齿轮轴 $K_\sigma=1$）	矩形	渐开线（齿轮轴）	$\frac{d_0}{d}$ 0.05～0.1	0.15～0.25	$\frac{d_0}{d}$ 0.05～0.25		
400	1.45	1.51	1.30	1.20	1.35	2.10	1.40	1.90	1.70	1.70	2.3～2.5	1.7～1.9
500	1.78	1.64	1.38	1.37	1.45	2.25	1.43	1.95	1.75	1.75	$R_m \leqslant 700$MPa 取小值 $R_m \geqslant 1000$MPa 取大值	
600	1.96	1.76	1.46	1.54	1.55	2.35	1.46	2.00	1.80	1.80		
700	2.20	1.89	1.54	1.71	1.60	2.45	1.49	2.05	1.85	1.80		
800	2.32	2.01	1.62	1.88	1.65	2.55	1.52	2.10	1.90	1.85		
900	2.47	2.14	1.69	2.05	1.70	2.65	1.55	2.15	1.95	1.90		
1000	2.61	2.26	1.77	2.22	1.72	2.70	1.58	2.20	2.00	1.90		
1200	2.90	2.50	1.92	2.39	1.75	2.80	1.60	2.30	2.10	2.00		

注：表中数值为标号 1 处的有效应力集中系数，标号 2 处 $K_\sigma=1$，K_τ = 表中值。

表 10-12　配合零件的综合影响系数 $(K_\sigma)_D$ 和 $(K_\tau)_D$ 值

$(K_\sigma)_D$——弯曲										
直径/mm		≤30			50			≥100		
配合		r6	k6	h6	r6	k6	h6	r6	k6	h6
抗拉强度 R_m/MPa	400	2.25	1.69	1.46	2.75	2.06	1.80	2.95	2.22	1.92
	500	2.5	1.88	1.63	3.05	2.28	1.98	3.29	2.46	2.13
	600	2.75	2.06	1.79	3.36	2.52	2.18	3.60	2.70	2.34
	700	3.0	2.25	1.95	3.66	2.75	2.38	3.94	2.96	2.56
	800	3.25	2.44	2.11	3.96	2.97	2.57	4.25	3.20	2.76
	900	3.5	2.63	2.28	4.28	3.20	2.78	4.60	3.46	3.00
	1000	3.75	2.82	2.44	4.60	3.45	3.00	4.90	3.98	3.18
	1200	4.25	3.19	2.76	5.20	3.90	3.40	5.60	4.20	3.64

注：1. 滚动轴承内圈配合轴的公差为 r6。

2. 中间尺寸直径的综合影响系数可用插入法求得。

3. 扭转 $(K_\tau)_D = 0.4 + 0.6\ (K_\sigma)_D$。

表 10-13　强化表面的表面状态系数 β 值

表面强化方法	心部材料的强度 R_m/MPa	表面系数 β		
		光轴	有应力集中的轴	
			$K_\sigma \leqslant 1.5$	$K_\sigma \geqslant 1.8 \sim 2$
高频淬火①	600 ~ 800	1.5 ~ 1.7	1.6 ~ 1.7	2.4 ~ 2.8
	800 ~ 1000	1.3 ~ 1.5	—	—
渗氮②	900 ~ 1200	1.1 ~ 1.25	1.5 ~ 1.7	1.7 ~ 2.1
渗碳淬火	400 ~ 600	1.8 ~ 2.0	3	—
	700 ~ 800	1.4 ~ 1.5	—	—
	1000 ~ 1200	1.2 ~ 1.3	2	—
喷丸处理③	600 ~ 1500	1.1 ~ 1.25	1.5 ~ 1.6	1.7 ~ 2.1
滚子辗压④	600 ~ 1500	1.1 ~ 1.3	1.3 ~ 1.5	1.6 ~ 2.0

① 数据是在实验室中用 $d = 10 \sim 20$mm 的试件求得，淬透深度（0.05 ~ 0.20）d；对于大尺寸的试件，表面状态系数低些。

② 氮化层深度为 0.01d 时，宜取低限值；深度为（0.03 ~ 0.04）d 时，宜取高限值。

③ 数据是用 $d = 8 \sim 40$mm 的试件求得；喷射速度较小时宜取低值，较大时宜取高值。

④ 数据是用 $d = 17 \sim 130$mm 的试件求得。

表 10-14　加工表面的表面状态系数 β_3 值

加工方法	抗拉强度 R_m/MPa		
	400	800	1200
磨光（Ra0.4 ~ Ra0.2μm）	1	1	1
车光（Ra3.2 ~ Ra0.8μm）	0.95	0.90	0.80
粗加工（Ra25 ~ Ra6.3μm）	0.85	0.80	0.65
未加工表面（氧化铁层等）	0.75	0.65	0.45

表 10-15　尺寸系数 ε_σ 和 ε_τ

毛坯直径/mm	碳钢		合金钢	
	ε_σ	ε_τ	ε_σ	ε_τ
>20 ~ 30	0.91	0.89	0.83	0.89
>30 ~ 40	0.88	0.81	0.77	0.81
>40 ~ 50	0.84	0.78	0.73	0.78
>50 ~ 60	0.81	0.76	0.70	0.76
>60 ~ 70	0.78	0.74	0.68	0.74
>70 ~ 80	0.75	0.73	0.66	0.73
>80 ~ 100	0.73	0.72	0.64	0.72
>100 ~ 120	0.70	0.70	0.62	0.70
>120 ~ 140	0.68	0.68	0.60	0.68

表 10-16　用于静强度计算的许用安全系数

安全系数	峰值载荷作用时间极短，其数值可精确求得时				峰值载荷很难准确计算时
	高塑性钢 $R_{eL}/R_m \leqslant 0.6$	中等塑性钢 $R_{eL}/R_m > 0.6 \sim 0.8$	低塑性钢	铸铁	
S_s	1.2 ~ 1.4	1.4 ~ 1.8	1.8 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4

表 10-17　常用轴孔的荐用配合

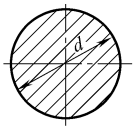
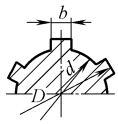
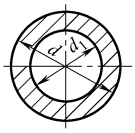
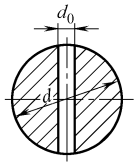
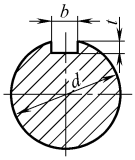
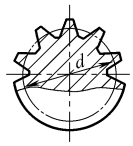
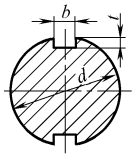
配合零件	荐用配合	装拆方法
大中型减速器的低速级齿轮(蜗轮)与轴的配合,轮缘与轮心的配合	$\frac{H7}{r6}$,$\frac{H7}{s6}$	用压力机或温差法(中等压力的配合,小过盈配合)
一般齿轮、蜗轮、带轮、联轴器与轴的配合	$\frac{H7}{r6}$	用压力机(中等压力的配合)
要求对中性良好及很少装拆的齿轮、蜗轮、联轴器与轴的配合	$\frac{H7}{n6}$	用压力机(较紧的过渡配合)
小锥齿轮及较常装拆的齿轮、联轴器与轴的配合	$\frac{H7}{m6}$,$\frac{H7}{k6}$	锤子打入(过渡配合)
滚动轴承内孔与轴的配合(内圈旋转)	j6(轻负荷); k6,m6(中等负荷)	用压力机(实际为过盈配合)
滚动轴承外圈与机体的配合(外圈不转)	H7,H6(精度高时要求)	木槌或徒手装拆
轴套、挡油盘、溅油轮与轴的配合	$\frac{D11}{k6}$,$\frac{F9}{k6}$,$\frac{F9}{m6}$,$\frac{H8}{h7}$,$\frac{H8}{h8}$	
轴承套杯与机孔的配合	$\frac{H7}{js6}$,$\frac{H7}{h6}$	
轴承盖与箱体孔(或套杯孔)的配合	$\frac{H7}{d11}$,$\frac{H7}{h8}$	
嵌入式轴承盖的凸缘厚与箱体孔凹槽之间的配合	$\frac{H11}{h11}$	
与密封件相接触轴段的公差带	F9;h11	

表 10-18　轴加工表面粗糙度 *Ra* 荐用值　　(μm)

加工表面	表面粗糙度			
与传动件及联轴器等轮毂相配合的表面	3.2,1.6,0.8,0.4			
与滚动轴承相配合的表面	0.8(轴承内径 $d \leqslant 80$mm) 1.6(轴承内径 $d > 80$mm)			
与传动件及联轴器相配合的轴肩端面	6.3,3.2,1.6			
与滚动轴承相配合的轴肩端面	2.0($d \leqslant 80$mm)　2.5($d > 80$mm)			
平键键槽	6.3,3.2(工作面)　12.5,6.3(非工作面)			
密封处的表面	毡圈式		橡胶密封式	油沟及迷宫式
	与轴接触处的圆周速度/($m \cdot s^{-1}$)			6.3,3.2,1.6
	≤3	>3~5	>5~10	
	3.2,1.6,0.8	1.6,0.8,0.4	0.8,0.4,0.2	

10.2.3　各种截面轴的抗弯与抗扭截面模量计算公式（表 10-19）

表 10-19　各种截面轴的抗弯与抗扭截面模量计算公式

截面图	截面系数	截面图	截面系数
	$W=\frac{\pi}{32}d^3\approx 0.1d^3$ $W_T=\frac{\pi}{16}d^3\approx 0.2d^3$		矩形花键 $W=\frac{\pi d^4+bz(D-d)(D+d)^2}{32D}$ $W_T=\frac{\pi d^4+bz(D-d)(D+d)^2}{16D}$ 式中　z——花键齿数
	$W=\frac{\pi}{32}d^3(1-r^4)$ $W_T=\frac{\pi}{16}d^3(1-r^4)$ $r=\frac{d_1}{d}$		$W=\frac{\pi}{32}d^3\left(1-1.54\frac{d_0}{d}\right)$ $W_T=\frac{\pi}{16}d^3\left(1-\frac{d_0}{d}\right)$
	$W=\frac{\pi}{32}d^3-\frac{bt(d-t)^2}{2d}$ $W_T=\frac{\pi}{16}d^3-\frac{bt(d-t)^2}{2d}$		渐开线花键轴 $W\approx\frac{\pi}{32}d^3$ $W_T\approx\frac{\pi}{16}d^3$
	$W=\frac{\pi}{32}d^3-\frac{bt(d-t)^2}{d}$ $W_T=\frac{\pi}{16}d^3-\frac{bt(d-t)^2}{d}$		

第 11 章　轴　　承

11.1　滚动轴承

11.1.1　基本设计计算方法

11.1.1.1　概述

用来支承轴的零部件叫轴承，分为滑动轴承和滚动轴承。工作时，前者处于滑动状态，后者处于滚动状态。滚动轴承是标准件，在机械设计中只需根据条件选用合适的滚动轴承类型和代号，并进行承载能力的校核计算和组合设计。

1. 基本构造

滚动轴承由内圈、外圈、滚动体和保持架组成（图 11-1）。通常内圈随轴颈转动，外圈装在机座或零件的轴承孔内固定不动。内外圈都制有滚道，当内外圈相对旋转时，限制滚动体侧向位移，降低滚动体与座圈的接触应力。保持架的作用是把滚动体沿滚道均匀地隔开，避免互相碰撞，减小磨损及噪声。

滚动体与内外圈的材料应具有高的硬度和接触疲劳强度、良好的耐磨性和冲击韧性。一般用铬锰高碳合金钢（GCr6、GCr9、GCr15、GCr15SiMn 等）制造，经淬火后硬度可达 61～65HRC，工作表面需经磨削和抛光。保持架应具有良好的减磨性，用低碳钢、铜合金、铝合金或塑料等制成。

按滚动体形状滚动轴承可分为球轴承和滚子轴承。滚子又分为圆柱滚子、圆锥滚子、球面滚子和滚针等，如图 11-2 所示。

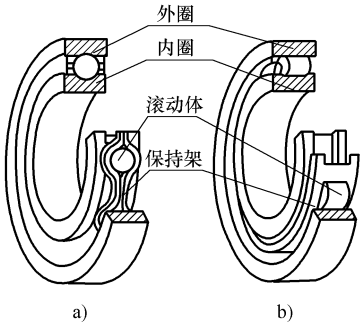


图 11-1　滚动轴承的结构

a）深沟球轴承　b）圆柱滚子轴承

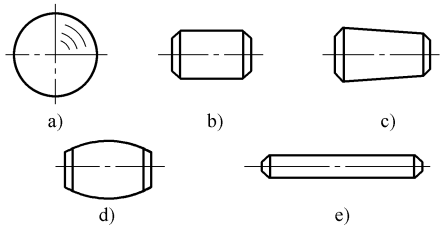


图 11-2　滚动体的形状

2. 优缺点

与滑动轴承相比，滚动轴承的主要优点是：滚动轴承处于滚动摩擦状态，起动时摩擦阻力小、起动灵敏、效率高；摩擦阻力小，发热少，功率消耗少；滚动轴承是标准件，有专门

工厂大量生产，因此互换性好，成本低；维护简单，消耗润滑剂也较少；轴承单位宽度的承载能力较大。

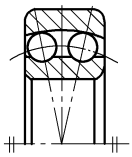
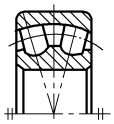
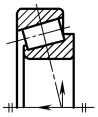
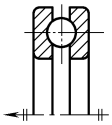
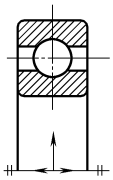
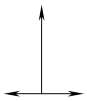
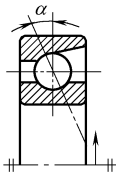
缺点是：由于滚动轴承的元件之间是金属直接接触，因此与液体润滑的滑动轴承相比接触应力高、抗冲击能力差，高速重载负荷下寿命低；同时噪声也比液体润滑的滑动轴承大；滚动轴承不能剖分，不能用于曲轴；径向外廓尺寸比滑动轴承大。

11.1.1.2　滚动轴承的类型及选择原则

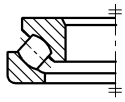
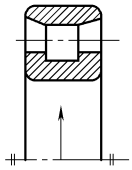
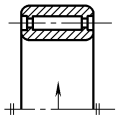
1. 滚动轴承的类型

我国生产的滚动轴承按大类可分十几类，各类轴承的结构形式不同，分别适用于不同工作场合，表 11-1 列出几种常用滚动轴承的类型及特点。

表 11-1　滚动轴承常用的基本类型及特性

类型及代号	结构简图	承载方向	主要性能及应用
调心球轴承 (1)			其外圈的内表面是球面，内、外圈轴线间允许角偏移为 2°～3°，极限转速低于深沟球轴承。可承受径向载荷及较小的双向轴向载荷。用于轴变形较大及不能精确对中的支承处
调心滚子轴承 (2)			轴承外圈滚道是球面，主要承受径向载荷及一定的双向轴向载荷，但不能承受纯轴向载荷，允许角偏移 0.5°～2°。常用在长轴或受载荷作用后轴有较大变形及多支点的轴上
圆锥滚子轴承 (3)			可同时承受较大的径向及轴向载荷，承载能力大于角接触球轴承。外圈可分离，装拆方便，成对使用
推力球轴承 (5)			只能承受轴向载荷，而且载荷作用线必须与轴线相重合，不允许有角偏差，极限转速低
深沟球轴承 (6)			可承受径向载荷及一定的双向轴向载荷。内外圈轴线间允许角偏移为 8′～16′
角接触球轴承 (7)			可同时承受径向及轴向载荷。承受轴向载荷的能力由接触角 α 的大小决定，α 大，承受轴向载荷的能力高。由于存在接触角 α，承受纯径向载荷时，会产生内部轴向力，使内、外圈有分离的趋势，因此这类轴承要成对使用。极限转速较高

（续）

类型及代号	结构简图	承载方向	主要性能及应用
推力滚子轴承（8）		↓	能承受较大的单向轴向载荷，极限转速低
圆柱滚子轴承（N）		↑	能承受较大的径向载荷，不能承受轴向载荷，极限转速也较高，但允许的角偏移很小，约 2′～4′。设计时，要求轴的刚度大，对中性好
滚针轴承（NA）		↑	不能承受轴向载荷，不允许有角度偏斜，极限转速较低。结构紧凑，在内径相同的条件下，与其他轴承比较，其外径最小。适用于径向尺寸受限制的部件中

滚动轴承通常按其承受载荷的方向（或接触角）及滚动体的形状来分类。

接触角 α 是指滚动体套圈接触处的法线与轴承径向平面（垂直于轴承轴心线的平面）之间的夹角称为接触角。接触角越大，轴承承受轴向载荷的能力也越大。

滚动轴承按其承受载荷的方向或接触角的不同，可分为向心轴承和推力轴承。向心轴承主要用于承受径向载荷，其接触角从 0°到 45°。其中径向轴承（如深沟球轴承、圆柱滚子轴承等）接触角 $\alpha=0°$；角接触球轴承、圆锥滚子轴承等 $0°<\alpha\leqslant 45°$。推动轴承主要用于承受轴向载荷，接触角 $45°<\alpha\leqslant 90°$，推力球轴承、推力圆柱滚子轴承等 $\alpha=90°$。

按滚动体的形状，滚动轴承可分为球轴承和滚子轴承。

2. 类型选择原则

滚动轴承类型的选择原则主要考虑工作载荷（大小、性质、方向）、转速、价格及其他因素，其中主要因素是工作载荷，分述如下：

1）载荷因素：如果外载荷是纯径向力，可选择圆柱滚子轴承；如果外载荷是纯轴向力，可选择推力轴承；如果外载荷既有径向力、又有轴向力，若径向力较大、轴向力较小（例如采用斜齿轮且螺旋角较小时），可选用深沟球轴承；如果径向力、轴向力接近时，一般选用角接触球轴承或圆锥滚子轴承；而当轴向力较大、径向力较小时，可采用推力角接触球轴承、四点接触球轴承或选用推力球轴承和深沟球轴承的组合结构等。

2）转速因素：转速较高、载荷较小、要求旋转精度高时应选用球轴承，因为球轴承是点接触，阻力小，极限转速高；转速较低、载荷较大或有冲击载荷时则选用滚子轴承，因为滚子轴承是线接触，阻力大，极限转速低。

3）价格因素：球轴承比滚子轴承价格低，因此优先选用球轴承。

4）其他因素：参考表 11-1 所列的特点及应用场合进行选择，例如：在同样外形尺寸下，滚子轴承的承载能力约为球轴承的 1.5～3 倍，在载荷较大或有冲击载荷时宜采用滚子轴承。为了便于安装拆卸和调整间隙常选用内、外圈可分离型轴承（如圆锥滚子轴承、四点接触球轴承等）。

11.1.1.3　滚动轴承的代号

滚动轴承的类型很多，各自有不同的结构、尺寸、精度和技术要求，为便于组织生产和

选用，国标 GB/T 272—1993 规定了轴承的代号及其表示方法，滚动轴承代号由基本代号、前置代号和后置代号组成，用字母和数字表示。详细内容见“轴承的代号及其表示方法”国家标准的有关规定，此处仅介绍比较常用的滚动轴承代号的表示方法。

一个完整的滚动轴承代号应由以下三部分组成：前置代号，基本代号，后置代号。

1. 基本代号

基本代号是轴承代号的核心，表示轴承的类型代号、尺寸系列代号（包括直径系列、宽度系列）和内径代号。类型代号：用一位数字或者字母表示；尺寸系列（直径系列、宽度系列）代号：用两位数字表示，第一位数字代表宽度系列，第二位数字代表直径系列；内径代号：用两位数字表示。将最常见的轴承的基本代号表示方法以图 11-3 的框图表示（滚针轴承除外）：

1）类型代号：绝大部分轴承用一位阿拉伯数字表示，但也有个别轴承用字母表示，详见国家标准。

2）尺寸系列代号：包括直径系列和宽度系列两部分组成：用两位数字表示，第一位数字代表宽度系列，第二位数字代表直径系列。

宽度系列：即结构、内径和直径系列都相同的轴承，只是宽度不同以适应不同的支撑刚度要求的一系列轴承，一般机械中传递动力的轴承常用窄系列。

直径系列：即内径相同的轴承外径和滚动体尺寸有变化的系列轴承，以适应不同的承载能力要求。例如，对于深沟球轴承 0、1 表示特轻系列、2 表示轻系列、3 表示中系列、4 表示重系列。内径为 50mm 的深沟球轴承直径系列对比如图 11-4 所示。

3）内径代号：右起第一、二位数字表示内径代号，轴承内径为 $d=20\sim480$mm 时，代号为内径尺寸除以 5，例如轴承内径为 $d=50$mm，代号为 08；轴承内径 $d=10\sim17$mm 的代号，表示方法图 11-3。

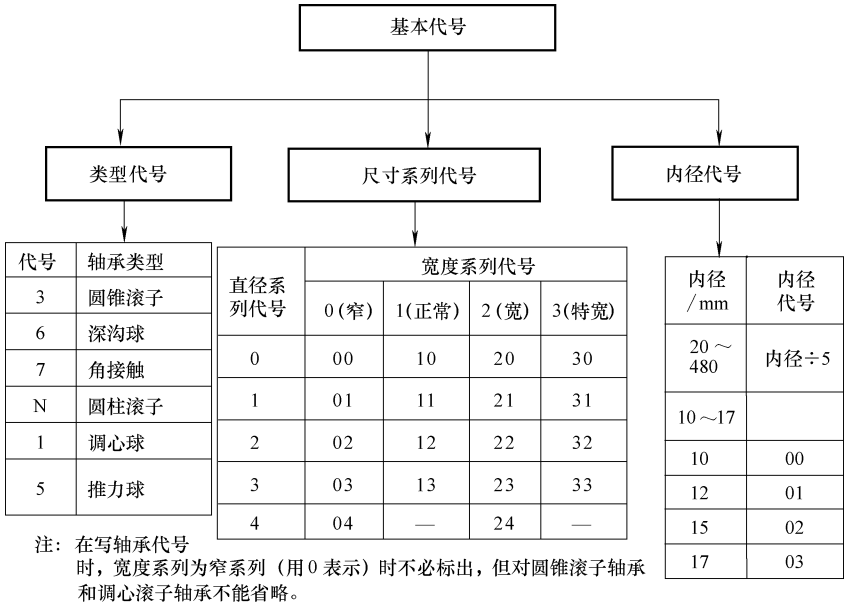


图 11-3　常用滚动轴承基本代号框图

2. 前置代号

滚动轴承的前置代号用于表示轴承的分部件，用字母表示。如用 L 表示可分离轴承的可分离套圈；K 表示轴承的滚动体与保持架组件。前置代号及其具体含义可参阅 GB/T 272—1993。

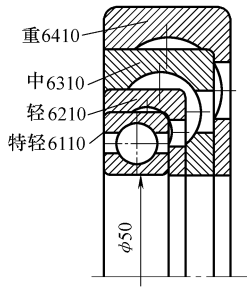


图 11-4　深沟球轴承的直径系列代号

3. 后置代号

用字母和数字表示轴承的结构、公差及材料等特殊要求，见表 11-2。

1）内部结构：内部结构代号表示同一类轴承的不同内部结构，用紧跟着基本代号的字母来表示。如：接触角为 15°、25°和 40°的角接触球轴承分别用 C、AC 和 B 表示，见表11-3。

2）公差等级：轴承的公差等级分为 2 级、4 级、5 级、6 级、6X 级和 0 级，共有 6 个级别（见表 11-4），依次由高级到低级，其代号分别为 /P2、/P4、/P5、/P6、/P6X 和 /P0，造价由高到低，最高和最低价格相差 7 ~ 10 倍。其中，6X 级仅适用于圆锥滚子轴承；0 级为普通级，在轴承代号中不标出。

表 11-2　轴承后置代号内容

后置代号							
1	2	3	4	5	6	7	8
内部结构	密封与防尘套圈变形	保持架及其材料	轴承材料	公差等级	游隙	配置	其他

表 11-3　轴承内部结构代号

代号	含　　义	示例	代号	含　　义	示例
C	角接触球轴承接触角 $\alpha = 15°$	7005C 23122C	B	角接触球轴承接触角 $\alpha = 40°$	7210B 32310B
AC	角接触球轴承接触角 $\alpha = 25°$	7210AC	E	加强型	N207E

表 11-4　轴承公差等级代号

代号	含　　义	示例
/P0	公差等级符合标准规定的 0 级(可省略不标注)	6205
/P6	公差等级符合标准规定的 6 级	6205/P6
/P6X	公差等级符合标准规定的 6X 级	6205/P6X
/P5	公差等级符合标准规定的 5 级	6205/P5
/P4	公差等级符合标准规定的 4 级	6205/P4
/P2	公差等级符合标准规定的 2 级	6205/P2

3）游隙：常用的轴承径向游隙系列分为 1 组、2 组、0 组、3 组、4 组和 5 组，共 6 个组别，径向游隙依次由小到大。0 组游隙是常用的游隙组别，在轴承代号中不标出，其余的游隙组别在轴承代号中分别用 /C1、/C2、/C3、/C4、/C5 表示。当游隙与公差同时表示时，符号 C 可以省略。

4）配置：指角接触轴承（即带斜面的轴承）的排列方式不同而对轴的支撑。成对安装轴承有三种配置形式：/DB（背对背）、/DF（面对面），/DT（串联）。例：圆锥滚子轴承：32208/DF，为面对面排列；角接触球轴承：7210C/DB，为背对背排列。

后置代号中的其他部分如无特殊要求，在轴承代号中可不标注。

例如：滚动轴承代号为 62203，其含义为：6—深沟球轴承，2—宽度系列为宽系列，

2—直径系列为轻系列，03—内径 $d=17$mm，公差等级为 P0 级。再如 7312AC/P6 表示：7—角接触球轴承，宽度系列为窄系列（0 省略），3—直径系列为中系列，12—内径 $d=60$mm，AC—接触角 $\alpha=25°$，/P6—6 级公差。

11.1.1.4 滚动轴承的失效形式及计算准则

1. 失效形式

滚动轴承工作时内外套圈间有相对运动，滚动体既自转又围绕轴承中心公转，滚动体和套圈分别受到不同的脉动接触应力。根据工作情况，滚动轴承的失效形式主要有以下几种：

（1）疲劳点蚀

在一般载荷和速度条件工作的滚动轴承，疲劳点蚀是主要失效形式。因为在工作过程中，滚动体和内外圈不断地接触，滚动体与滚道受变应力作用，可近似地看作是脉动循环。在载荷的反复作用下，首先在表面下一定深度处产生疲劳裂纹，继而扩展到接触表面，形成疲劳点蚀，致使轴承不能正常工作。

（2）塑性变形

低速重载条件工作的滚动轴承，塑性变形是主要失效形式，因为速度低，循环次数少，一般不会发生疲劳点蚀，而重的静载荷或冲击载荷会使轴承滚道和滚动体接触处产生塑性变形，使滚道表面形成凹坑，从而使轴承在运转中产生剧烈振动和噪声，运转精度也会降低，无法正常工作。

（3）磨粒磨损

在多尘条件工作的滚动轴承，虽然采用密封装置，滚动体与套圈仍有可能产生磨粒磨损。据统计，在拖拉机中，滚动轴承由于磨粒磨损失效的约为点蚀失效的 2.5 倍。

（4）胶合

高速重载条件工作的滚动轴承，胶合是主要失效形式，因为速度越高，发热量越大，发生胶合的概率越高。

此外，还有锈蚀、电腐蚀和由于操作、维护不当引起的元件破裂等失效形式。

2. 计算准则

在确定滚动轴承的类型和尺寸后，应针对其主要失效形式进行必要的计算。

（1）寿命计算

一般工作条件的回转滚动轴承，因主要失效形式是疲劳点蚀，因此应进行接触疲劳寿命计算。

（2）静强度计算

对于摆动或转速较低的轴承，因主要失效形式是塑性变形，为了防止塑性变形，需进行静强度计算。所谓低速是指 $D_m \times n \leqslant 10000$mm · r/min，$D_m$ 是轴承的平均直径，n 是轴承的转速。

（3）极限转速计算

高速工作的轴承由于发热而造成的胶合、烧伤是主要失效形式，除了需要进行寿命计算外，还应进行极限转速计算以防止胶合失效。

（4）组合结构设计

组合结构设计是指滚动轴承与周围其他零件的关系，这对保证轴承的正常工作常常起到决定性作用。主要有：轴承在轴上的固定方式；轴承的配合；轴承的润滑和密封；轴承的预紧等。

11.1.1.5　滚动轴承的寿命计算

1. 寿命

轴承中任一元件出现疲劳点蚀前运转的总转数或一定转速下的工作小时数（指的是两个套圈间的相对转数或相对转过的小时数）。

2. 基本额定寿命

一组同一型号轴承在相同条件下运转，其可靠度为 90% 时能达到或超过的寿命称为基本额定寿命，单位为百万转（10^6r），用 L_{10}（r）表示；或单位为小时，用 L_{10h}（h）表示。

3. 基本额定动载荷

为了比较各不同型号轴承的承载能力，标准规定：基本额定寿命为 10^6r 时轴承能承受的最大载荷为基本额定动负荷，用 C 表示。在手册中给出的基本额定动负荷 C 是在下列条件测得的：

$$C_{手册}\begin{cases} L=10^6\text{r} \\ R=90\% \\ \text{向心轴承—受纯的径向力 } F_r \\ \text{推动轴承—受纯轴向力 } F_a \\ \text{向心推力轴承—负荷的径向分量} \end{cases}$$

4. 寿命计算式

由以上讨论可知：当所受载荷为 $P=C$ 时，额定寿命为 L_{10}，但当所受载荷为 $P\neq C$ 时，轴承的基本额定寿命是多少？这是一类问题；另外，如果轴承所受载荷为 P，且要求轴承寿命为预期寿命 L'_{10}时，选多大的基本额定动负荷 C 的轴承？是另一类问题。如何解决？通过大量试验表明：对于相同型号的轴承，滚动轴承的寿命随载荷的增大而降低，由实测的寿命 L_{10}与载荷 P 的关系曲线可得以下关系：

$$P^{\varepsilon}L_{10}=\text{常数}$$

式中　P——当量动载荷（N）；

　　ε——寿命指数，对球轴承 $\varepsilon=3$，滚子轴承 $\varepsilon=10/3$。

在基本额定寿命 $L_{10}=1$ 时，轴承能承受的载荷为额定动载荷 C，代入上式，即 $P^{\varepsilon}L_{10}=C^{\varepsilon}\times 1=$常数因此上式可写为：

$$L_{10}=(C/P)^{\varepsilon}$$

上式是 GB/T 6391—2010 滚动轴承寿命计算式。实际计算时，通常用小时表示轴承寿命，如 n 为轴承转速，单位为 r/min，上式可改写为：

$$L_{10h}=\frac{10^6}{60n}\left(\frac{C}{P}\right)^{\varepsilon}(\text{h})$$

考虑到轴承工作温度高于 100℃时，轴承的额定动载荷有所降低，故引进温度系数 f_t 对 C 值予以修正。

其他可靠度、特殊轴承性能和特定运转条件下的修正基本额定寿命为 L_{nm}，可以按下式计算：

$$L_{nm}=a_1a_2a_3L_{10}$$

式中　a_1——对可靠性的寿命修正系数；

a_2——对材料的寿命修正系数，一般由轴承生产厂根据试验结果及经验给出，对常规材料（高质量淬硬钢）$a_2=1$，其他材料可查表；

a_3——对运转条件的寿命修正系数，一般运转条件下 $a_3=1$，只有当润滑条件特别优越时，可考虑取 $a_3>1$，在工作温度下，当转速特别低（$nD_m<10000$mm·r/min）时，或润滑剂的黏度对于球轴承小于 13mm²/s，对于滚子轴承小于 20mm²/s 时，应考虑 $a_3<1$。

5. 当量动载荷

滚动轴承的基本额定动载荷 C 是在一定条件下确定的。对向心轴承是指承受纯径向载荷；对推力轴承是指承受轴向载荷。如果轴承同时承受径向载荷 F_r 和轴向载荷 F_a，（并非外力的径向力与轴向力，而是在外力作用下轴承所承受的径向支反力及轴向支反力，需经计算求得），必须将实际载荷换算为与测得 C 值相同情况的载荷后，才能和基本额定动负荷 C 比较。转换后的载荷是一种假定的载荷，称当量动负荷。在当量动负荷与实际载荷作用下，滚动轴承的寿命相等。

各类轴承的当量动载荷的通式为：

$$P=f_P(XF_r+YF_a)$$

式中　X——径向载荷系数；

Y——轴向载荷系数，可以从表 11-11 和表 11-12 中查取；

f_P——考虑实际载荷波动的影响而引入的冲击载荷系数，可查表 11-6 得。

参数 e（或称判断系数）反映了轴向载荷对轴承承载能力的影响。每个轴承的 e 与 F_a/C_0 有关，可查表得，C_0为滚动轴承的额定静负荷。当 $F_a/F_r\leqslant e$ 时，可忽略轴向力的影响，即 $X=1$，$Y=0$，$P=f_PF_r$；当 $F_a/F_r>e$ 时，不能忽略轴向力的影响，即 $P=f_P(XF_r+YF_a)$。

6. 角接触轴承轴向支反力的计算

这类轴承包括角接触球轴承和圆锥滚子轴承（70000 型及 30000 型），由于轴承座圈的斜面关系，尽管所受外力为纯径向力 F_R，则轴承支反力也会产生附加轴向力 F_s，见图 11-5 在计算轴承的轴向支反力时，应综合考虑内部附加轴向力 F_s 及其他外部轴向力的共同作用而求得。

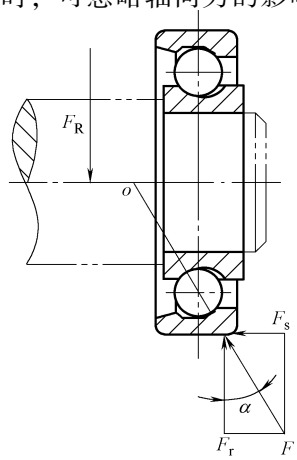


图 11-5　角接触轴承附加轴向力

（1）轴承内部轴向力 F_s 的计算

经推导，轴承内部轴向力 $F_s=1.25F_r\times\tan\alpha$

式中　F_r——轴承的径向支反力（N）；

α——轴承的接触角（°）。

工程中常常用表 11-5 的近似公式进行计算。要注意附加轴向力的方向，视斜面接触点的法线方向分解而定，如图11-5中 F_s 的方向为向左。

表 11-5　轴承附加轴向力计算

轴承类型	角接触球轴承			圆锥滚子轴承
	70000C（$\alpha=15°$）	70000AC（$\alpha=25°$）	70000B（$\alpha=40°$）	30000
F_s	$0.4F_r$ 或 e	$0.68F_r$	$1.14F_r$	$F_r/2Y$

注：表中 Y 为 $F_a/F_r>e$ 时的 Y 值。

另外，还应注意支反力作用点，如果是深沟球轴承等不带斜面的结构，则支反力作用点就在轴承宽度的中点；如果是带斜面的角接触轴承，则支反力作用点不在轴承宽度的中点，而是与轴承外端面距离 a 的 o 点，a 的距离可查表 11-17 和表 11-19。

（2）轴承轴向支反力的计算

计算角接触球轴承（70000 型及 30000 型）的轴向支反力 F_a 时，必须计入由径向力引起的内部附加轴向力 F_s，然后综合考虑内部附加轴向力 F_s 及其他外部轴向力的共同作用来判断哪端轴承压紧，哪端轴承放松，从而分别求出压紧端及放松端的轴承的轴向支反力 F_a，再代入公式计算当量动负荷 P。

计算角接触轴承轴向力的方法如下：①判明轴上全部轴向力（包括外载荷和轴承的附加轴向力）合力的指向，确定“压紧”端轴承；②“压紧”端轴承的轴向力等效于除本身的附加轴向力外其他所有轴向力的代数和；③放松端轴承的轴向力等于它本身的附加轴向力。

滚动轴承的寿命计算总结如图 11-6 的框图所示。

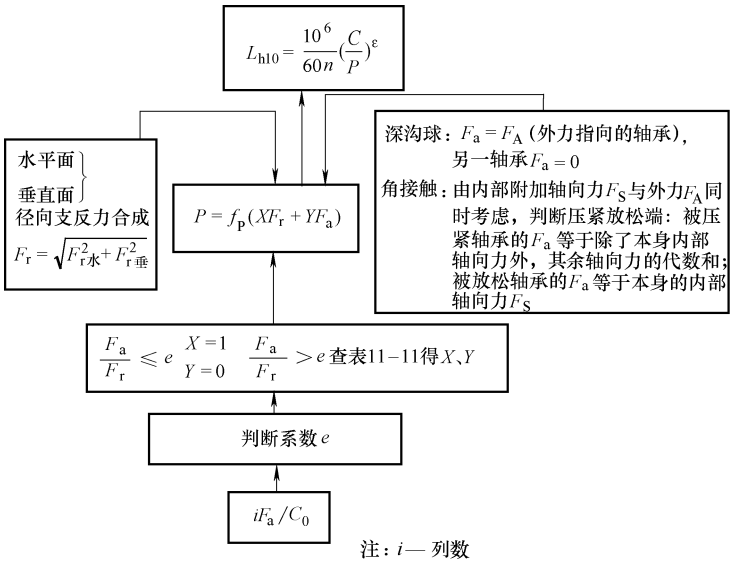


图 11-6　滚动轴承的寿命计算框图

11.1.1.6　滚动轴承的静负荷计算

对于摆动或转速较低的轴承，因主要失效形式是塑性变形，为了防止塑性变形，需进行静强度计算。

在下列工况下，为保证轴承良好地工作，应对轴承进行额定静载荷计算：

1）轴承静止或缓慢转动（转速小于 10r/min），且承受连续或间断（冲击）载荷；

2）轴承在载荷作用下缓慢摆动；

3）轴承在正常载荷作用下作转速大于 10r/min 的旋转运动，且承受间断的、较大冲击载荷。

4）对载荷变化较大，尤其冲击载荷较大的旋转轴承，除按额定动载荷进行疲劳寿命计算外，还必须进行额定静载荷计算。

额定静载荷的计算公式为：$\frac{C_0}{P_0} \geqslant S_0$

式中　C_0——额定静载荷（N）；

P_0——当量静载荷（N）；

S_0——安全系数。

静止轴承、缓慢摆动或转速极低的轴承，其安全系数可参考表 11-14 选取。

若轴承转速较低，对运转精度和摩擦力矩要求不高时，可取 $S_0 < 1$。旋转轴承的安全系数可按表 11-15 选取。

对推力调心滚子轴承，无论旋转与否，均取 $S_0 > 4$。另外，轴承座的刚度较低时，应取较大的安全系数；反之，刚度较高时，可取较小的安全系数。

11.1.1.7　滚动轴承的极限转速计算

高速工作的轴承由于发热而造成的胶合、烧伤，除了需要进行寿命计算外，还应进行极限转速计算以防止胶合失效，即限制极限转速。

滚动轴承的极限转速是指在一定的载荷、润滑条件下轴承允许的最高转速，它与轴承类型、尺寸、载荷的大小与方向、润滑剂的种类与数量、润滑方法、轴承精度、游隙、保持架材料与结构及冷却条件等多种因素有关。轴承性能表中列出的各种型号轴承系在脂润滑和油浴润滑条件下的极限转速 $n_{\lim}$，适用于当量动载荷 $P \leqslant 0.1C$，润滑与冷却条件正常，向心轴承仅受径向载荷，推力轴承仅受轴向载荷的 P0 级精度轴承。

当轴承的 $P > 0.1C$ 时，由于接触面上的接触应力增大，轴承温度升加大，将影响润滑剂性能，应将极限转速乘以降低系数 f_1，查图 11-7。

当轴承同时承受径向和轴向载荷时，由于承受载荷的滚动体数量增加，导致摩擦与润滑条件恶化。应将极限转速乘以降低系数 f_2，查图 11-8。

因此在实际工作条件下，轴承允许的最高转速为：$n_{\max} \leqslant f_1 f_2 n_{\lim}$

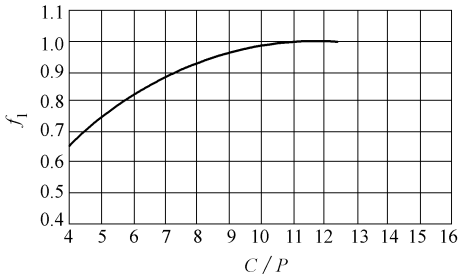


图 11-7　降低系数 f_1

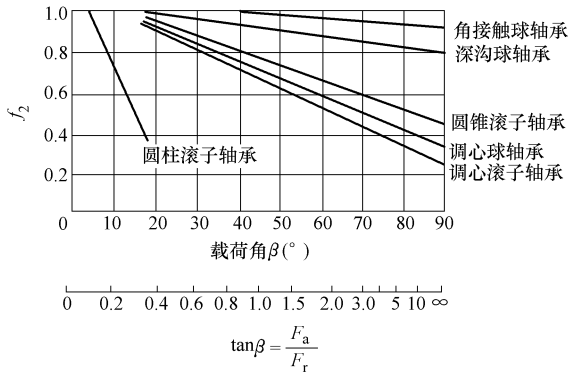


图 11-8　降低系数 f_2

11.1.1.8　滚动轴承的组合结构设计

为保证轴承正常工作，除了合理选择类型及型号外，还应注意轴承与周围零件的关系，即轴承的组合结构设计，主要考虑以下几方面的内容：轴系的固定；轴承的配合；润滑和密封；提高轴承系统刚度等。

1. 轴承在轴上的固定方式

（1）两端单向固定（两个轴承都固定，也称全固式或双支点单向固定）

使轴的两个支点中每一个支点都能限制轴的一个方向的移动，两个支点合起来就限制了轴的双向移动。它适用于工作温度不高（$t \leqslant 70℃$）的短轴（跨距 $L \leqslant 400mm$）。如采用一对深沟球轴承（6000），考虑到轴因受热而伸长，在轴承盖与外圈端面之间应留出热补偿间隙 C，如图 11-9b 所示，一般取 $C = 0.25 \sim 0.4mm$，此间隙在结构图上不必画出。当采用角接触球轴承或圆锥滚子轴承时，轴的热伸长由轴承自身的游隙来补偿。间隙或游隙的大小，通常用一组垫片（见图 11-9c）或调整螺钉（见图 11-9d）来调节。

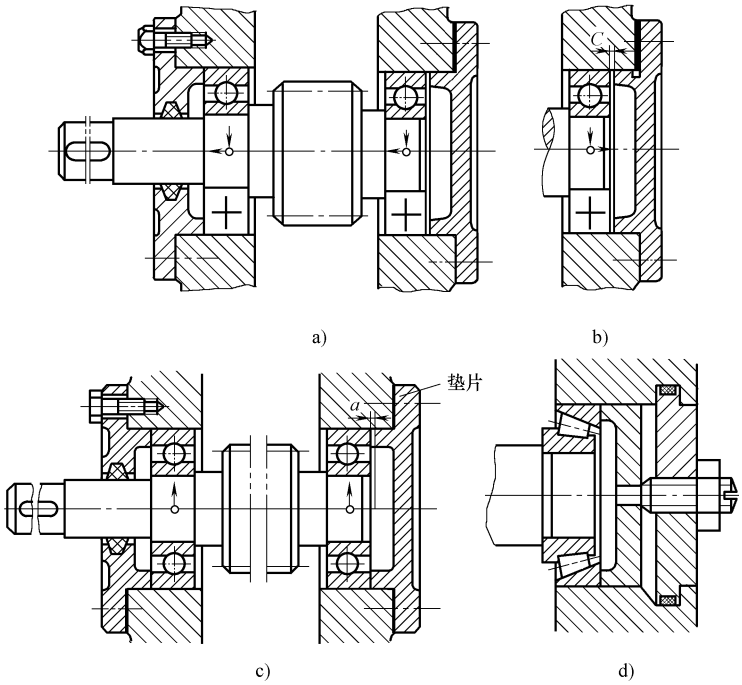


图 11-9　双支点单向固定

（2）一端固定、一端游动（固游式或单支点双向固定）

当工作温度较高（$t > 70℃$）或轴较长（$L > 400mm$），轴的热膨胀伸缩量大，再使用两端固定结构会使轴承因轴的变形而加剧摩擦，甚至卡死。因此，必须采用一端固定、一端游动的支承方式，即在两个支点中使一个支点能限制轴的双向移动，另一个支点则可作轴向移动。可作轴向移动的支承称为游动支承，它不承受轴向载荷。图 11-10a 右轴承外圈未完全固定，可以有一定的游动量；图 11-10b 所示采用的圆柱滚子轴承，其滚子和轴承的外圈之间可以发生轴向游动。为了避免松脱，游动轴承内圈应与轴作轴向固定（常用弹性挡圈）。用圆柱滚子轴承作游动支承时，轴承外圈要与机座作轴向固定，靠滚子与套圈间的游动来保证轴的自由伸缩。

（3）两端游动

适用于轴要求左右游动的情况，例：为人字齿轮传动的高速主动轴，为了自动补偿轮齿两侧螺旋角的制造误差，使轮齿受力均匀，采用允许轴系两侧少量轴向游动的结构，故两端

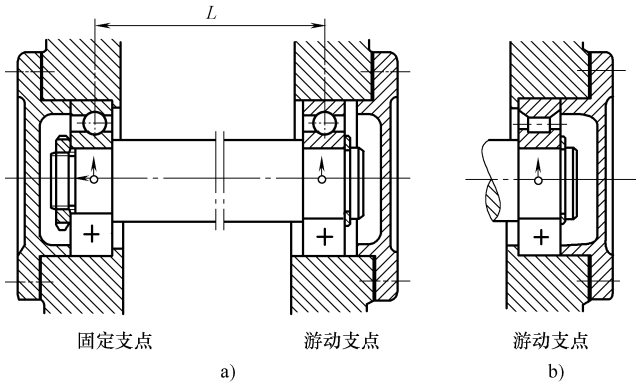


图 11-10　单支点双向固定

都选用圆柱滚子轴承。与其相啮合的低速齿轮轴系则必须两端固定，以便两轴都得到轴向定位，如图 11-11 所示。

2. 轴承的配合

由于滚动轴承是标准件，选择配合时就把它作为基准件。因此轴承内圈与轴的配合采用基孔制，轴承外圈与座孔的配合采用基轴制。在装配图的配合中，省略轴承的公差带代号，只标注轴颈及座孔直径公差带代号。

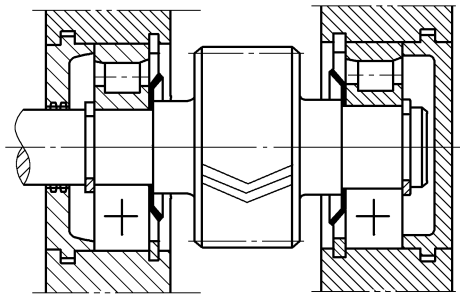


图 11-11　两端游动轴系（高速人字齿轮轴）

因为轴转动要带动轴承内圈转动，因此轴承内圈与轴的配合应该采用过盈配合，但是因为我国生产的轴承公差带为负，轴承内圈公差带上偏差为零，公差带在零线以下，而圆柱公差带标准中基准孔的公差带在零线以上，因此轴承内圈与轴的配合比圆柱公差标准中规定的基孔制同类配合要紧得多，因此与轴承相配合的轴颈按一般圆柱体的过渡配合即可得到过盈配合，常用的轴承内圈与轴的配合可取 k6、m6 等，较松的配合可取 js6。同理轴承外圈与座孔的配合采用较松的过渡配合或小的间隙配合，常用的外圈与座孔的配合可采用 H7、J7、K7 等。一般轴承的载荷大、速度高、有冲击、不常拆卸的情况采用较紧的配合，反之采用较松的配合。究竟采用何种配合可参照同类机器采用类比法，或询问有经验的工人师傅，或参考本节后面表 11-22 ~ 表 11-26 给出的数据。

相配零件的加工精度一般应与轴承精度相对应，考虑到轴与外壳孔对轴承精度的不同影响及加工的难易程度，一般轴的加工精度取轴承同级精度或高一级精度，而外壳取低一级精度或同级精度。与较高公差等级轴承配合的轴与孔，对其加工精度、表面粗糙度及几何公差都有相应的较高要求。

11.1.1.9　滚动轴承的设计实例

实例 1　有两种滚动轴承组合结构形式如图 11-12 所示。已知 $F_A = 600\text{N}$，$F_R = 3000\text{N}$，$f_P = 1.1$，试分析轴承Ⅰ、Ⅱ所受的径向力 F_r，轴向力 F_a 及当量动载荷 P，并说明哪个轴承是危险轴承。

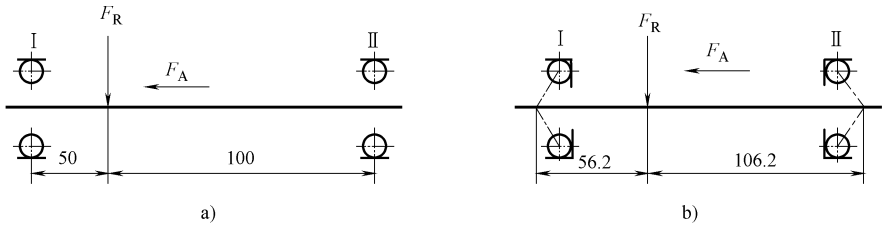


图 11-12　轴承设计实例 1 图

a）6206 轴承　b）7206C 轴承

解：

（1）采用一对 6206 轴承，如图 11-12a 所示，查表 11-16 得：

$$C = 19.5\text{kN} \qquad C_0 = 11.5\text{kN}$$

轴承Ⅰ：$F_{r1} = \frac{2}{3}F_R = \frac{2}{3} \times 3000\text{N} = 2000\text{N}$

$$F_{a1} = F_A = 600\text{N}$$

$$\frac{iF_a}{C_0} = \frac{1 \times 600}{10 \times 10^3} = 0.06$$

查表 11-11：$e = 0.22 + \frac{0.26 - 0.22}{0.056 - 0.028}(0.052 - 0.028) = 0.254$（线性插值公式）

$$\frac{F_{a1}}{F_{r1}} = \frac{600}{2000} = 0.3 > e = 0.254$$

查表 11-11：$X = 0.56$，$Y = 1.99 + \frac{1.71 - 1.99}{0.26 - 0.22}(0.254 - 0.22) = 1.752$

$$P_1 = f_P(XF_{r1} + YF_{a1}) = 1.1 \times (0.56 \times 2000 + 1.752 \times 600)\text{N} = 2338\text{N}$$

轴承Ⅱ：

$$F_{r2} = \frac{1}{3}F_R = \frac{1}{3} \times 3000\text{N} = 1000\text{N}$$

$$F_{a2} = 0$$

$$P_2 = f_P F_{r2} = 1.1 \times 1000\text{N} = 1100\text{N}$$

因为 $P_1 > P_2$　所以轴承Ⅰ危险。

（2）若采用一对 7206C 轴承背对背安装，如图 11-12b 所示，查表 11-17 得出：$a = 14.2$，$B = 16$，$C = 23\text{kN}$，$C_0 = 15\text{kN}$，径向力 F_R 到轴承Ⅰ及Ⅱ支点的距离为：

$$50\text{mm} - \frac{B}{2} + a = \left(50 - \frac{16}{2} + 14.2\right)\text{mm} = 56.2\text{mm}$$

$$100\text{mm} - \frac{B}{2} + a = \left(100 - \frac{16}{2} + 14.2\right)\text{mm} = 106.2\text{mm}$$

轴承的径向载荷：

$$F_{r1} = \frac{106.2F_R}{56.2 + 106.2} = \frac{106.2 \times 3000}{162.4}\text{N} = 1961.8\text{N}$$

$$F_{r2} = F_R - F_{r1} = (3000 - 1961.8)\text{N} = 1038.2\text{N}$$

轴承的内部轴向力：见表 11-5，

$$F_{S1}=eF_{r1}=0.254\times1961.8\text{N}=498.3\text{N}$$

$$F_{S2}=eF_{r2}=0.254\times1038.2\text{N}=263.7\text{N}$$

轴承的轴向支反力：

$$F_A+F_{S1}=(600+498.3)\text{N}=1098.3\text{N}>F_{S2}$$

所以轴承Ⅱ被压紧，Ⅰ轴承被放松，

$$F_{a1}=F_{S1}=498.3\text{N}$$

$$F_{a2}=F_A+F_{S1}=(600+498.3)\text{N}=1098.3\text{N}$$

求当量动负荷：

轴承Ⅰ：

$$\frac{iF_{a1}}{C_0}=\frac{498.3}{15\times10^3}=0.033 \qquad \text{查表 11-11 得：}$$

$$e=0.4+\frac{0.43-0.4}{0.056-0.029}(0.033-0.029)=0.4045\ \text{（线性插值）}$$

$$\frac{F_{a1}}{F_{r1}}=\frac{498.3}{1961.8}=0.254<e$$

所以：

$$P_1=f_P\cdot F_{r1}=1.1\times1961.8\text{N}=2158\text{N}$$

轴承Ⅱ：

$$\frac{iF_{a2}}{C_0}=\frac{1\times1098.3}{15\times10^3}=0.073 \qquad \text{查表 11-11 得：}$$

$$e=0.43+\frac{0.46-0.43}{0.87-0.056}(0.073-0.056)=0.4465\text{（线性插值）}$$

$$\frac{F_{a2}}{F_{r2}}=\frac{1098.3}{1038.2}=1.0579>e \qquad \text{查表 11-11 得：}$$

$$X=0.44$$

$$Y=1.30+\frac{1.23-1.3}{0.46-0.43}(0.4465-0.43)=1.2615\text{（线性插值）}$$

所以：$P_2=f_P(XF_{r2}+YF_{a2})=1.1(0.44\times1038.2+1.2615\times1098.3)\text{N}=2026.6\text{N}$

因为 $P_2<P_1$，所以轴承Ⅰ危险。

实例 2 锥齿轮减速器主动轴由一对背对背安装的30208 圆锥滚子轴承支承，如图11-13 a 所示，已知：$m_m=3.6\text{mm}$，$z=20$，$n=1450\text{r/min}$。齿轮受力 $F_t=2000\text{N}$，$F_R=600\text{N}$，$F_A=300\text{N}$，载荷系数 $f_P=1.2$，静载安全系数 $S_0=1.2$。工作温度 $<100℃$。要求滚动轴承使用寿命不低于 24000h，试问此滚动轴承是否能满足要求。

解：查表 11-19 得：30208 轴承额定动载荷 $C=63000\text{N}$，额定静载荷 $C_0=74000\text{N}$，轴承几何尺寸 $a=16.9\text{mm}$，$B=18\text{mm}$，故考虑压力中心后滚动轴承支点距离为 100mm，锥齿轮悬臂伸出距离为 30mm。系数 $e=0.37$，$Y=1.6$，$Y_0=0.9$。

（1）求轴承上径向载荷：

求锥齿轮平均半径 r_m，如图 11-13b 所示：

$$r_m=\frac{m_m z}{2}=\frac{3.6\times20}{2}\text{mm}=36\text{mm}$$

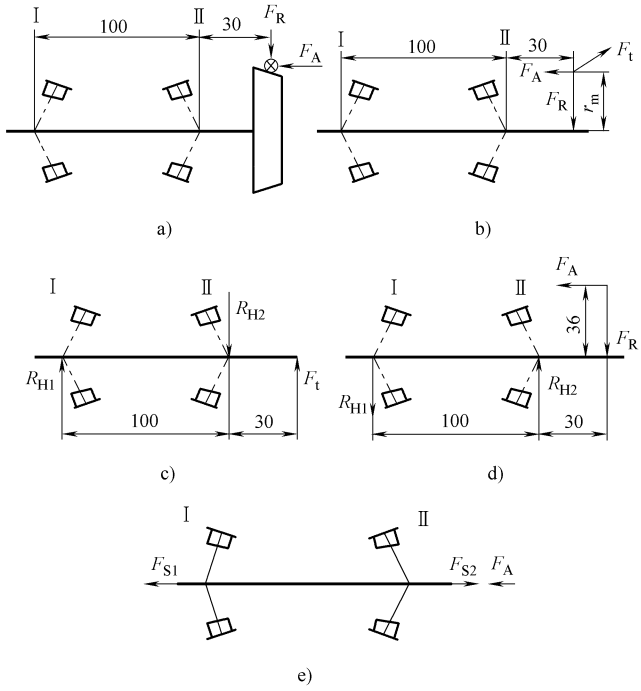


图 11-13　轴承设计实例 2 图

水平面的支反力，如图 11-13c 所示：

$$R_{H1}=\frac{F_t\times 30}{100}=\frac{2000\times 30}{100}\text{N}=600\text{N}$$

$$R_{H2}=F_t+R_{H1}=(2000+600)\text{N}=2600\text{N}$$

垂直面支反力，如图 11-13d 所示：

$$R_{V1}=\frac{-F_A\times 36+F_R\times 30}{100}=\frac{-300\times 36+600\times 30}{100}\text{N}=72\text{N}$$

$$R_{V2}=\frac{-F_A\times 36+F_R\times 130}{100}=\frac{-300\times 36+600\times 130}{100}\text{N}=672\text{N}$$

轴承的径向支反力为

$$F_{r1}=\sqrt{R_{H1}^2+R_{V1}^2}=\sqrt{600^2+72^2}\text{N}=604.3\text{N}$$

$$F_{r2}=\sqrt{R_{H2}^2+R_{V2}^2}=\sqrt{2600^2+672^2}\text{N}=2685.4\text{N}$$

（2）求轴承的轴向支反力：

内部轴向力如图 11-13e 所示：

$$F_{S1}=\frac{F_{r1}}{2Y}=\frac{604.3}{2\times 1.6}\text{N}=188.8\text{N}$$

$$F_{S2}=\frac{F_{r2}}{2Y}=\frac{2685.4}{2\times 1.6}\text{N}=839.2\text{N}$$

$$F_a+F_{S1}=(300+188.8)\text{N}=488.8\text{N}<F_{S2}=839.2\text{N}$$

轴承Ⅰ被压紧，Ⅱ被放松，

所以：
$$F_{a1}=F_{S2}-F_a=(839.2-300)\text{N}=539.2\text{N}$$
$$F_{a2}=F_{S2}=839.2\text{N}$$

（3）求当量动载荷：

$$\frac{F_{a1}}{F_{r1}}=\frac{539.2}{604.3}=0.89>e=0.37$$

所以 $X_1=0.4$，$Y_1=1.6$（参考《轴承手册》）

$$\frac{F_{a2}}{F_{r2}}=\frac{839.2}{2685.4}=0.31<e=0.37$$

所以 $X_2=1$，$Y_2=0$

$$P_1=f_P(X_1F_{r1}+Y_1F_{a1})=1.2\times(0.4\times604.3+1.6\times539.2)\text{N}=1325.3\text{N}$$
$$P_2=f_PF_{r2}=1.2\times2685.4\text{N}=3222.5\text{N}$$

（4）校核轴承寿命

由上面计算可知 $P_2>P_1$，故轴承Ⅱ危险，故校核轴承Ⅱ即可。

$$L_{10h}=\frac{10^6}{60n}\left(\frac{C}{P}\right)^{\varepsilon}=\frac{10^6}{60\times1450}\left(\frac{63000}{3222.5}\right)^{10/3}$$
$$=231283\text{h}>24000\text{h}$$

所以满足寿命要求。

（5）校核静强度

查表 11-13，$X_0=0.5$，$Y_0=0.9$，代入公式得：

$P_{01}=X_0F_{r1}+Y_0F_{a1}=(0.5\times604.3+0.9\times539.2)\text{N}=787.5\text{N}$

$P_{01}=F_{r1}=604.3\text{N}<787.5\text{N}$，因此取 $P_{01}=787.5\text{N}$；

用同样方法可求得：

$$P_{02}=F_{r2}=2685.4\text{N}$$

因为 $P_{02}>P_{01}$　故轴承Ⅱ危险，故校核轴承Ⅱ即可。

$$S=\frac{C_0}{P_{02}}=\frac{31000}{2685.4}=11.5\gg S_0=1.2(\text{表}11\text{-}15)$$

满足静强度要求。

（6）极限转速

因为轴承转速较低，因此不必验算极限转速，此处略。

11.1.2　设计标准及规范

11.1.2.1　寿命相关系数（见表 11-6 ~ 表 11-10）

表 11-6　载荷系数 f_P

载荷性质	f_P	举　　例
平稳运转或轻微冲击	1.0 ~ 1.2	电动机、水泵、通风机、汽轮机等
中等冲击	1.2 ~ 1.8	车辆、机床、起重机、造纸机、冶金机械、内燃机等
强大冲击	1.8 ~ 3.0	破碎机、轧钢机、振动筛、工程机械、石油钻机等

表 11-7　轴承预期寿命 L_{10h} 参考值

使 用 场 合	L_{10h}/h
不经常使用的仪器和设备	500
短时间或间断使用,中断时不致引起严重后果	4000 ~ 8000
间断使用,中断引起严重后果	8000 ~ 12000
每天 8 小时工作的机械	12000 ~ 20000
24 小时连续工作的机械	40000 ~ 80000

表 11-8　对可靠性的寿命修正系数 a_1

可靠度 s	90	95	96	97	98	99
L_{nm}	L_{10m}	L_{5m}	L_{4m}	L_{3m}	L_{2m}	L_{11m}
a_1	1	0.62	0.53	0.44	0.33	0.21

表 11-9　材料系数 a_2

所用材料	a_2	所用材料	a_2	所用材料	a_2
普通冶炼轴承钢	1	真空脱气轴承钢	3	真空重熔轴承钢	5

表 11-10　温度系数 f_t

工作温度/℃	120	125	150	175	200	225	250	300
f_t	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.60

11.1.2.2　当量动负荷的计算系数 X、Y 值（见表 11-11、表 11-12）

表 11-11　向心轴承当量动载荷的 X、Y 值

轴承类型		F_a/C_{0r}	e	$F_a/F_r > e$		$F_a/F_r \leqslant e$	
				X	Y	X	Y
深沟球轴承		0.014	0.19	0.56	2.30	1	0
		0.028	0.22		1.99		
		0.056	0.26		1.71		
		0.084	0.28		1.55		
		0.11	0.30		1.45		
		0.17	0.34		1.31		
		0.28	0.38		1.15		
		0.42	0.42		1.04		
		0.56	0.44		1.00		
角接触球轴承(单列)	$\alpha = 15°$	0.015	0.38	0.44	1.47	1	0
		0.029	0.40		1.40		
		0.056	0.43		1.30		
		0.087	0.46		1.23		
		0.12	0.47		1.19		
		0.17	0.50		1.12		
		0.29	0.55		1.02		
		0.44	0.56		1.00		
		0.58	0.56		1.00		
	$\alpha = 25°$	—	0.68	0.41	0.87	1	0
	$\alpha = 40°$	—	1.14	0.35	0.57	1	0
圆锥滚子轴承(单列)		—	(e)	0.40	(Y)	1	0
调心球轴承(双列)		—	(Y_2)	(Y_1)	0.65	—	—

表 11-12　推力轴承当量动载荷系数 X、Y 值

轴承类型		单向轴承①		双向轴承				e
		$F_a/F_r>e$		$F_a/F_r\leqslant e$		$F_a/F_r>e$		
		X	Y	X	Y	X	Y	
推力球轴承	$\alpha=45°$②	0.66	1	1.18	0.59	0.66	1	1.25
	$\alpha=50°$	0.73		1.37	0.57	0.73		1.49
	$\alpha=55°$	0.81		1.60	0.56	0.81		1.79
	$\alpha=60°$	0.92		1.90	0.55	0.92		2.17
	$\alpha=65°$	1.06		2.30	0.54	1.06		2.68
	$\alpha=70°$	1.28		2.90	0.53	1.28		3.43
	$\alpha=75°$	1.66		3.89	0.52	1.66		4.67
	$\alpha=80°$	2.43		5.86	0.52	2.43		7.09
	$\alpha=85°$	4.80		11.75	0.51	4.80		14.29
推力球轴承	$\alpha\neq90°$	$1.25\tan\alpha\times\left(1-\frac{2}{3}\sin\alpha\right)$	1	$\frac{20}{13}\tan\alpha\times\left(1-\frac{1}{3}\times\sin\alpha\right)$	$\frac{10}{13}\left(1-\frac{1}{3}\sin\alpha\right)$	$1.25\tan\alpha\times\left(1-\frac{2}{3}\sin\alpha\right)$	1	$1.25\tan\alpha$
推力滚子轴承	$\alpha\neq90°$	$\tan\alpha$	1	$1.5\tan\alpha$	0.67	$\tan\alpha$	1	$1.5\tan\alpha$

① 对于单向轴承，$F_a/F_r\leqslant e$ 不适用。

② 对于推力球轴承，$\alpha>45°$，$\alpha=45°$的值供 α 在 45°和 50°之间时的内插计算使用。

11.1.2.3　静负荷计算参数（见表 11-13～表 11-15）

表 11-13　径向静载荷系数 X_0 和轴向静载荷系数 Y_0

轴承类型		单列轴承	
		X_0	Y_0
深沟球轴承		0.6	0.5
角接触球轴承	15°	0.5	0.46
	25°	0.5	0.38
	40°	0.5	0.26
圆锥滚子轴承		0.5	$0.22\cot\alpha$
推力球轴承		0	1

表 11-14　静强度安全系数 S_0

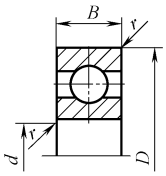
轴承的使用场合	S_0
飞机变距螺旋桨叶片	≥0.5
水坝闸门装置、大型起重吊钩(附加载荷小)	≥1
桥、附件动载荷很大的小型起重吊钩(附加载荷大)	≥1.5～1.6

表 11-15　静强度安全系数 S_0（旋转轴承）

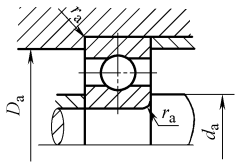
使用要求或载荷性质	S_0	
	球轴承	滚子轴承
旋转精度及平稳要求高,或受冲击载荷	1.5～2	2.5～4
正常使用	0.5～2	1～3.5
旋转精度及平稳性要求较低,没有冲击或振动	0.5～2	1～3

11.1.3　常用滚动轴承的尺寸和主要性能参数表（见表 11-16 ~ 表 11-19）

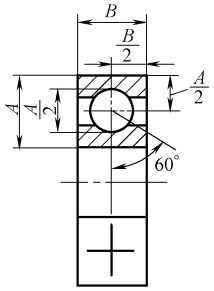
表 11-16　深沟球轴承（GB/T 276—2013）



60000型



安装尺寸



简化画法

标记示例：滚动轴承 6210 GB/T 276—2013

F_r/C_{0r}	e	Y	径向当量动载荷	径向当量静载荷
0.014	0.19	2.30		
0.028	0.22	1.99		
0.056	0.26	1.71		
0.084	0.28	1.55	当 $\frac{F_a}{F_r} \leqslant e$，$P_r = F_r$	$P_{0r} = F_r$
0.11	0.30	1.45		$P_{0r} = 0.6F_r + 0.5F_a$
0.17	0.34	1.31	当 $\frac{F_a}{F_r} > e$，$P_r = 0.56F_r + YF_a$	取上列两式计算结果的较大值
0.28	0.38	1.15		
0.42	0.42	1.04		
0.56	0.44	1.00		

轴承代号	基本尺寸/mm				安装尺寸/mm			基本额定定动载荷 C_r	基本额定静载荷 C_{0r}	极限转速/(r·min^{-1})		原轴承代号
	d	D	B	r_a min	d_a min	D_a max	r_a max	kN		脂润滑	油润滑	
(1)0 尺寸系列												
6000	10	26	8	0.3	12.4	23.6	0.3	4.58	1.98	20000	28000	100
6001	12	28	8	0.3	14.4	25.6	0.3	5.10	2.38	19000	26000	101
6002	15	32	9	0.3	17.4	29.6	0.3	5.58	2.85	18000	24000	102
6003	17	35	10	0.3	19.4	32.6	0.3	6.00	3.25	17000	22000	103
6004	20	42	12	0.6	25	37	0.6	9.38	5.02	15000	19000	104
6005	25	47	12	0.6	30	42	0.6	10.0	5.85	13000	17000	105
6006	30	55	13	1	36	49	1	13.2	8.30	10000	14000	106
6007	35	62	14	1	41	56	1	16.2	10.5	9000	12000	107
6008	40	68	15	1	46	62	1	17.0	11.8	8500	11000	108
6009	45	75	16	1	51	69	1	21.0	14.8	8000	10000	109
6010	50	80	16	1	56	74	1	22.0	16.2	7000	9000	110
6011	55	90	18	1.1	62	83	1	30.2	21.8	6300	8000	111
6012	60	95	18	1.1	67	88	1	31.5	24.2	6000	7500	112
6013	65	100	18	1.1	72	93	1	32.0	24.8	5600	7000	113
6014	70	110	20	1.1	77	103	1	38.5	30.5	5300	6700	114
6015	75	115	20	1.1	82	108	1	40.2	33.2	5000	6300	115

（续）

轴承代号	基本尺寸/mm			安装尺寸/mm				基本额定动载荷 C_r	基本额定静载荷 C_{0r}	极限转速/(r·min^{-1})		原轴承代号
	d	D	B	r_a min	d_a min	D_a max	r_a max	kN		脂润滑	油润滑	
(1)0 尺寸系列												
6016	80	125	22	1.1	87	118	1	47.5	39.8	4800	6000	116
6017	85	130	22	1.1	92	123	1	50.8	42.8	4500	5600	117
6018	90	140	24	1.5	99	131	1.5	58.0	49.8	4300	5300	118
6019	95	145	24	1.5	104	136	1.5	57.8	50.0	4000	5000	119
6020	100	150	24	1.5	109	141	1.5	64.5	56.2	3800	4800	120
(0)2 尺寸系列												
6200	10	30	9	0.6	15	25	0.6	5.10	2.38	19000	26000	200
6201	12	32	10	0.6	17	27	0.6	6.82	3.05	18000	24000	201
6202	15	35	11	0.6	20	30	0.6	7.65	3.72	17000	22000	202
6203	17	40	12	0.6	22	35	0.6	9.58	4.78	16000	20000	203
6204	20	47	14	1	26	41	1	12.8	6.65	14000	18000	204
6205	25	52	15	1	31	46	1	14.0	7.88	12000	16000	205
6206	30	62	16	1	36	56	1	19.5	11.5	9500	13000	206
6207	35	72	17	1.1	42	65	1	25.5	15.2	8500	11000	207
6208	40	80	18	1.1	47	73	1	29.5	18.0	8000	10000	208
6209	45	85	19	1.1	52	78	1	31.5	20.5	7000	9000	209
6210	50	90	20	1.1	57	83	1	35.0	23.2	6700	8500	210
6211	55	100	21	1.5	64	91	1.5	43.2	29.2	6000	7500	211
6212	60	110	22	1.5	69	101	1.5	47.8	32.8	5600	7000	212
6213	65	120	23	1.5	74	111	1.5	57.2	40.0	5000	6300	213
6214	70	125	24	1.5	79	116	1.5	60.8	45.0	4800	6000	214
6215	75	130	25	1.5	84	121	1.5	66.0	49.5	4500	5600	215
6216	80	140	26	2	90	130	2	71.5	54.2	4300	5300	216
6217	85	150	28	2	95	140	2	83.2	63.8	4000	5000	217
6218	90	160	30	2	100	150	2	95.8	71.5	3800	4800	218
6219	95	170	32	2.1	107	158	2.1	110	82.8	3600	4500	219
6220	100	180	34	2.1	112	168	2.1	122	92.8	3400	4300	220
(0)3 尺寸系列												
6300	10	35	11	0.6	15	30	0.6	7.65	3.48	18000	24000	300
6301	12	37	12	1	18	31	1	9.72	5.08	17000	22000	301
6302	15	42	13	1	21	36	1	11.5	5.42	16000	20000	302
6303	17	47	14	1	23	41	1	13.5	6.58	15000	19000	303
6304	20	52	15	1.1	27	45	1	15.8	7.88	13000	17000	304
6305	25	62	17	1.1	32	55	1	22.2	11.5	10000	14000	305
6306	30	72	19	1.1	37	65	1	27.0	15.2	9000	12000	306
6307	35	80	21	1.5	44	71	1.5	33.2	19.2	8000	10000	307
6308	40	90	23	1.5	49	81	1.5	40.8	24.0	7000	9000	308
6309	45	100	25	1.5	54	91	1.5	52.8	31.8	6300	8000	309
6310	50	110	27	2	60	100	2	61.8	38.0	6000	7500	310
6311	55	120	29	2	65	110	2	71.5	44.8	5300	6700	311
6312	60	130	31	2.1	72	118	2.1	81.8	51.8	5000	6300	312
6313	65	140	33	2.1	77	128	2.1	93.8	60.5	4500	5600	313
6314	70	150	35	2.1	82	138	2.1	105	68.0	4300	5300	314
6315	75	160	37	2.1	87	148	2.1	112	76.8	4000	5000	315

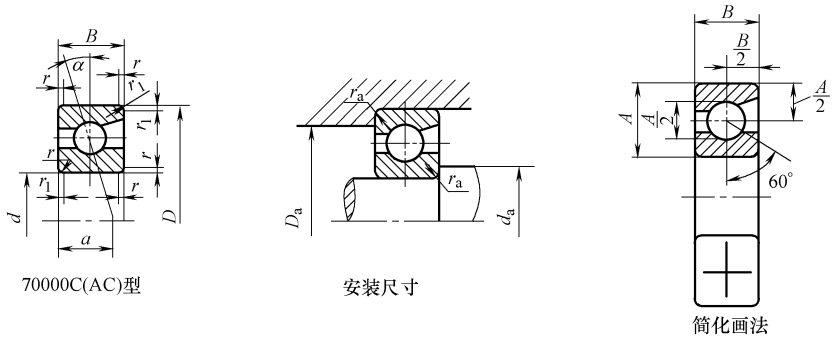
（续）

轴承代号	基本尺寸/mm			安装尺寸/mm				基本额定定动载荷 C_r	基本额定静载荷 C_{0r}	极限转速/(r·min^{-1})		原轴承代号
	d	D	B	r_a min	d_a min	D_a max	r_a max	kN		脂润滑	油润滑	
(0)3 尺寸系列												
6316	80	170	39	2.1	92	158	2.1	122	86.5	3800	4800	316
6317	85	180	41	3	99	166	2.5	132	96.5	3600	4500	317
6318	90	190	43	3	104	176	2.5	145	108	3400	4300	318
6319	95	200	45	3	109	186	2.5	155	122	3200	4000	319
6320	100	215	47	3	114	201	2.5	172	140	2800	3600	320
(0)4 尺寸系列												
6403	17	62	17	1.1	24	55	1	22.5	10.8	11000	15000	403
6404	20	72	19	1.1	27	65	1	31.0	15.2	9500	13000	404
6405	25	80	21	1.5	34	71	1.5	38.2	19.2	8500	11000	405
6406	30	90	23	1.5	39	81	1.5	47.5	24.5	8000	10000	406
6407	35	100	25	1.5	44	91	1.5	56.8	29.5	6700	8500	407
6408	40	110	27	2	50	100	2	65.5	37.5	6300	8000	408
6409	45	120	29	2	55	110	2	77.5	45.5	5600	7000	409
6410	50	130	31	2.1	62	118	2.1	92.2	55.2	5300	6700	410
6411	55	140	33	2.1	67	128	2.1	100	62.5	4800	6000	411
6412	60	150	35	2.1	72	138	2.1	108	70.0	4500	5600	412
6413	65	160	37	2.1	77	148	2.1	118	78.5	4300	5300	413
6414	70	180	42	3	84	166	2.5	140	99.5	3800	4800	414
6415	75	190	45	3	89	176	2.5	155	115	3600	4500	415
6416	80	200	48	3	94	186	2.5	162	125	3400	4300	416
6417	85	210	52	4	103	192	3	175	138	3200	4000	417
6418	90	225	54	4	108	207	3	192	158	2800	3600	418
6420	100	250	58	4	118	232	3	222	195	2400	3200	420

注：1. 表中 C_r 值适用于轴承为真空脱气轴承钢材料，如为普通电炉钢，C_r 值降低；如为真空重熔或电渣重熔轴承钢，C_r 值提高。

2. r_{amin} 为 r 的单向最小倒角尺寸；r_{amax} 为 r 的单向最大倒角尺寸。

表 11-17　角接触球轴承（GB/T 292—2007）



70000C(AC)型　　安装尺寸　　简化画法

标记示例：滚动轴承　7210C　GB/T 292—2007

（续）

iF_a/C_{0r}	e	Y	70000C 型	70000AC 型
0.015	0.38	1.47	径向当量动载荷 当 $F_a/F_r \leqslant e$　$P_r = F_r$ 当 $F_a/F_r > e$　$P_r = 0.44F_r + YF_a$	径向当量动载荷 当 $F_a/F_r \leqslant 0.68$　$P_r = F_r$ 当 $F_a/F_r > 0.68$　$P_r = 0.41F_r + 0.87F_a$
0.029	0.40	1.40		
0.058	0.43	1.30		
0.087	0.46	1.23		
0.12	0.47	1.19		
0.17	0.50	1.12	径向当量静载荷 $P_{0r} = 0.5F_r + 0.46F_a$ 当 $P_{0r} < F_r$ 时　取 $P_{0r} = F_r$	径向当量静载荷 $P_{0r} = 0.5F_r + 0.38F_a$ 当 $P_{0r} < F_r$ 时　取 $P_{0r} = F_r$
0.29	0.55	1.02		
0.44	0.56	1.00		
0.58	0.56	1.00		

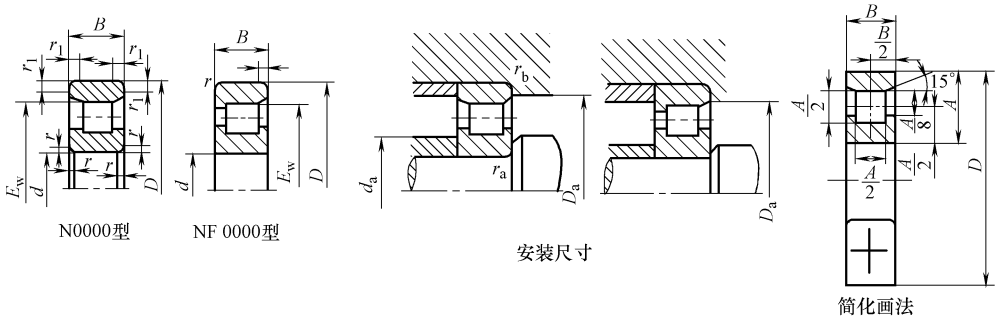
轴承代号		基本尺寸/mm					安装尺寸 mm			70000C（$\alpha = 15°$）			70000AC（$\alpha = 25°$）			极限转速（$r \cdot min^{-1}$）	
		d	D	B	r min	r_1 $\alpha \leqslant 30°$ min	d_a min	D_a max	r_a max	a /mm	基本额定 动载荷 C_r kN	基本额定 静载荷 C_{0r} kN	a mm	基本额定 动载荷 C_r kN	基本额定 静载荷 C_{0r} kN	脂润滑	油润滑
（1）0 尺寸系列																	
7000C	7000AC	10	26	8	0.3	0.1	12.4	23.6	0.3	6.4	4.92	2.25	8.2	4.75	2.12	19000	28000
7001C	7001AC	12	28	8	0.3	0.1	14.4	25.6	0.3	6.7	5.42	2.65	8.7	5.20	2.55	18000	26000
7002C	7002AC	15	32	9	0.3	0.1	17.4	29.6	0.3	7.6	6.25	3.42	10	5.95	3.25	17000	24000
7003C	7003AC	17	35	10	0.3	0.1	19.4	32.6	0.3	8.5	6.60	3.85	11.1	6.30	3.68	16000	22000
7004C	7004AC	20	42	12	0.6	0.3	25	37	0.6	10.2	10.5	6.08	13.2	10.0	5.78	14000	19000
7005C	7005AC	25	47	12	0.6	0.3	30	42	0.6	10.8	11.5	7.45	14.4	11.2	7.08	12000	17000
7006C	7006AC	30	55	13	1	0.3	36	49	1	12.2	15.2	10.2	16.4	14.5	9.85	9500	14000
7007C	7007AC	35	62	14	1	0.3	41	56	1	13.5	19.5	14.2	18.3	18.5	13.5	8500	12000
7008C	7008AC	40	68	15	1	0.3	46	62	1	14.7	20.0	15.2	20.1	19.0	14.5	8000	11000
7009C	7009AC	45	75	16	1	0.3	51	69	1	16	25.8	20.5	21.9	25.8	19.5	7500	10000
7010C	7010AC	50	80	16	1	0.3	56	74	1	16.7	26.5	22.0	23.2	25.2	21.0	6700	9000
7011C	7011AC	55	90	18	1.1	0.6	62	83	1	18.7	37.2	30.5	25.9	35.2	29.2	6000	8000
7012C	7012AC	60	95	18	1.1	0.6	67	88	1	19.4	38.2	32.8	27.1	36.2	31.5	5600	7500
7013C	7013AC	65	100	18	1.1	0.6	72	93	1	20.1	40.0	35.5	28.2	38.0	33.8	5300	7000
7014C	7014AC	70	110	20	1.1	0.6	77	103	1	22.1	48.2	43.5	30.9	45.8	41.5	5000	6700
7015C	7015AC	75	115	20	1.1	0.6	82	108	1	22.7	49.5	46.5	32.2	46.8	44.2	4800	6300
7016C	7016AC	80	125	22	1.1	0.6	89	116	1.5	24.7	58.5	55.8	34.9	55.5	53.2	4500	6000
7017C	7017AC	85	130	22	1.1	0.6	94	121	1.5	25.4	62.5	60.2	36.1	59.2	57.2	4300	5600
7018C	7018AC	90	140	24	1.5	0.6	99	131	1.5	27.4	71.5	69.8	38.8	67.5	66.5	4000	5300
7019C	7019AC	95	145	24	1.5	0.6	104	136	1.5	28.1	73.5	73.2	40	69.5	69.8	3800	5000
7020C	7020AC	100	150	24	1.5	0.6	109	141	1.5	28.7	79.2	78.5	41.2	75	74.8	3800	5000
（0）2 尺寸系列																	
7200C	7200AC	10	30	9	0.6	0.3	15	25	0.6	7.2	5.82	2.95	9.2	5.58	2.82	18000	26000
7201C	7201AC	12	32	10	0.6	0.3	17	27	0.6	8	7.35	3.52	10.2	7.10	3.35	17000	24000
7202C	7202AC	15	35	11	0.6	0.3	20	30	0.6	8.9	8.68	4.62	11.4	8.35	4.40	16000	22000
7203C	7203AC	17	40	12	0.6	0.3	22	35	0.6	9.9	10.8	5.95	12.8	10.5	5.65	15000	20000
7204C	7204AC	20	47	14	1	0.3	26	41	1	11.5	14.5	8.22	14.9	14.0	7.82	13000	18000
7205C	7205AC	25	52	15	1	0.3	31	46	1	12.7	16.5	10.5	16.4	15.8	9.88	11000	16000
7206C	7206AC	30	62	16	1	0.3	36	56	1	14.2	23.0	15.0	18.7	22.0	14.2	9000	13000
7207C	7207AC	35	72	17	1.1	0.3	42	65	1	15.7	30.5	20.0	21	29.0	19.2	8000	11000
7208C	7208AC	40	80	18	1.1	0.6	47	73	1	17	36.8	25.8	23	35.2	24.5	7500	10000
7209C	7209AC	45	85	19	1.1	0.6	52	78	1	18.2	38.5	28.5	24.7	36.8	27.2	6700	9000

（续）

轴承代号		基本尺寸/mm					安装尺寸 mm			70000C（α=15°）			70000AC（α=25°）			极限转速（r·min）$^{-1}$	
		d	D	B	r min	r_1 α≤30° min	d_a min	D_a max	r_a max	a /mm	基本额定 动载荷 C_r kN	基本额定 静载荷 C_{0r} kN	a mm	基本额定 动载荷 C_r kN	基本额定 静载荷 C_{0r} kN	脂润滑	油润滑
(0)2 尺寸系列																	
7210C	7210AC	50	90	20	1.1	0.6	57	83	1	19.4	42.8	32.0	26.3	40.8	30.5	6300	8500
7211C	7211AC	55	100	21	1.5	0.6	64	91	1.5	20.9	52.8	40.5	28.6	50.5	38.5	5600	7500
7212C	7212AC	60	110	22	1.5	0.6	69	101	1.5	22.4	61.0	48.5	30.8	58.2	46.2	5300	7000
7213C	7213AC	65	120	23	1.5	0.6	74	111	1.5	24.2	69.8	55.2	33.5	66.5	52.5	4800	6300
7214C	7214AC	70	125	24	1.5	0.6	79	116	1.5	25.3	70.2	60.0	35.1	69.2	57.5	4500	6000
7215C	7215AC	75	130	25	1.5	0.6	84	121	1.5	26.4	79.2	65.8	36.6	75.2	63.0	4300	5600
7216C	7216AC	80	140	26	2	1	90	130	2	27.7	89.5	78.2	38.9	85.0	74.5	4000	5300
7217C	7217AC	85	150	28	2	1	95	140	2	29.9	99.8	85.0	41.6	94.8	81.5	3800	5000
7218C	7218AC	90	160	30	2	1	100	150	2	31.7	122	105	44.2	118	100	3600	4800
7219C	7219AC	95	170	32	2.1	1.1	107	158	2.1	33.8	135	115	46.9	128	108	3400	4500
7220C	7220AC	100	180	34	2.1	1.1	112	168	2.1	35.8	148	128	49.7	142	122	3200	4300
(0)3 尺寸系列																	
7301C	7301AC	12	37	12	1	0.3	18	31	1	8.6	8.10	5.22	12	8.08	4.88	16000	22000
7302C	7302AC	15	42	13	1	0.3	21	36	1	9.6	9.38	5.95	13.5	9.08	5.58	15000	20000
7303C	7303AC	17	47	14	1	0.3	23	41	1	10.4	12.8	8.62	14.8	11.5	7.08	14000	19000
7304C	7304AC	20	52	15	1.1	0.6	27	45	1	11.3	14.2	9.68	16.8	13.8	9.10	12000	17000
7305C	7305AC	25	62	17	1.1	0.6	32	55	1	13.1	21.5	15.8	19.1	20.8	14.8	9500	14000
7306C	7306AC	30	72	19	1.1	0.6	37	65	1	15	26.5	19.8	22.2	25.2	18.5	8500	12000
7307C	7307AC	35	80	21	1.5	0.6	44	71	1.5	16.6	34.2	26.8	24.5	32.8	24.8	7500	10000
7308C	7308AC	40	90	23	1.5	0.6	49	81	1.5	18.5	40.2	32.3	27.5	38.5	30.5	6700	9000
7309C	7309AC	45	100	25	1.5	0.6	54	91	1.5	20.2	49.2	39.8	30.2	47.5	37.2	6000	8000
7310C	7310AC	50	110	27	2	1	60	100	2	22	53.5	47.2	33	55.5	44.5	5600	7500
7311C	7311AC	55	120	29	2	1	65	110	2	23.8	70.5	60.5	35.8	67.2	56.8	5000	6700
7312C	7312AC	60	130	31	2.1	1.1	72	118	2.1	25.6	80.5	70.2	38.7	77.8	65.8	4800	6300
7313C	7313AC	65	140	33	2.1	1.1	77	128	2.1	27.4	91.5	80.5	41.5	89.8	75.5	4300	5600
7314C	7314AC	70	150	35	2.1	1.1	82	138	2.1	29.2	102	91.5	44.3	98.5	86.0	4000	5300
7315C	7315AC	75	160	37	2.1	1.1	87	148	2.1	31	112	105	47.2	108	97.0	3800	5000
7316C	7316AC	80	170	39	2.1	1.1	92	158	2.1	32.8	122	118	50	118	108	3600	4800
7317C	7317AC	85	180	41	3	1.1	99	166	2.5	34.6	132	128	52.8	125	122	3400	4500
7318C	7318AC	90	190	43	3	1.1	104	176	2.5	36.4	142	142	55.6	135	135	3200	4300
7319C	7319AC	95	200	45	3	1.1	109	186	2.5	38.2	152	158	58.5	145	148	3000	4000
7320C	7320AC	100	215	47	3	1.1	114	201	2.5	40.2	162	175	61.9	165	178	2600	3600
(0)4 尺寸系列																	
	7406AC	30	90	23	1.5	0.6	39	81	1				26.1	42.5	32.2	7500	10000
	7407AC	35	100	25	1.5	0.6	44	91	1.5				29	53.8	42.5	6300	8500
	7408AC	40	110	27	2	1	50	100	2				31.8	62.0	49.5	6000	8000
	7409AC	45	120	29	2	1	55	110	2				34.6	66.8	52.8	5300	7000
	7410AC	50	130	31	2.1	1.1	62	118	2.1				37.4	76.5	64.2	5000	6700
	7412AC	60	150	35	2.1	1.1	72	138	2.1				43.1	102	90.8	4300	5600
	7414AC	70	180	42	3	1.1	84	166	2.5				51.5	125	125	3600	4800
	7416AC	80	200	48	3	1.1	94	186	2.5				58.1	152	162	3200	4300

注：表中 C_r 值，对（1）0、（0）2 系列为直空脱气轴承钢的负荷能力，对（0）3、（0）4 系列为电炉轴承钢的负荷能力。

表 11-18　圆柱滚子轴承（GB/T 283—2007）



标记示例：滚动轴承　N216E GB/T 283—2007

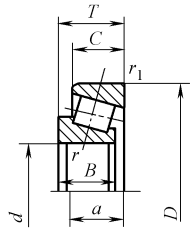
径向当量动载荷														径向当量静载荷			
$P_r = F_r$	对轴向承载的轴承(NF 型、NH 型) $P_r = F_r + 0.3F_a$　$(0 \leqslant F_r/F_r \leqslant 0.12)$ $P_r = 0.94F_r + 0.8F_a$　$(0.12 \leqslant F_a/F_r \leqslant 0.3)$													$P_{0r} = F_r$			
轴承代号		尺寸/mm							安装尺寸/mm				基本额定动载荷 C_r/kN		基本额定静载荷 C_{0r}/kN		极限转速/(r·min^{-1})	
		d	D	B	r	r_1	E_W		d_a	D_a	r_a	r_b						
					min		N 型	NF 型	min		max		N 型	NF 型	N 型	NF 型	脂润滑	油润滑
(0)2 尺寸系列																		
N204E	NF204	20	47	14	1	0.6	41.5	40	25	42	1	0.6	25.8	12.5	24.0	11.0	12000	16000
N205E	NF205	25	52	15	1	0.6	46.5	45	30	47	1	0.6	27.5	14.2	26.8	12.8	10000	14000
N206E	NF206	30	62	16	1	0.6	55.5	53.5	36	56	1	0.6	36.0	19.5	35.5	18.2	8500	11000
N207E	NF207	35	72	17	1.1	0.6	64	61.8	42	64	1	0.6	46.5	28.5	48.0	28.0	7500	9500
N208E	NF208	40	80	18	1.1	1.1	71.5	70	47	72	1	1	51.5	37.5	53.0	38.2	7000	9000
N209E	NF209	45	85	19	1.1	1.1	76.5	75	52	77	1	1	58.5	39.8	63.8	41.0	6300	8000
N210E	NF210	50	90	20	1.1	1.1	81.5	80.4	57	83	1	1	61.2	43.2	69.2	48.5	6000	7500
N211E	NF211	55	100	21	1.5	1.1	90	88.5	64	91	1.5	1	80.2	52.8	95.5	60.2	5300	6700
N212E	NF212	60	110	22	1.5	1.5	100	97	69	100	1.5	1.5	89.8	62.8	102	73.5	5000	6300
N213E	NF213	65	120	23	1.5	1.5	108.5	105.5	74	108	1.5	1.5	102	73.2	118	87.5	4500	5600
N214E	NF214	70	125	24	1.5	1.5	113.5	110.5	79	114	1.5	1.5	112	73.2	135	87.5	4300	5300
N215E	NF215	75	130	25	1.5	1.5	118.5	118.3	84	120	1.5	1.5	125	89.0	155	110	4000	5000
N216E	NF216	80	140	26	2	2	127.3	125	90	128	2	2	132	102	165	125	3800	4800
N217E	NF217	85	150	28	2	2	136.5	135.5	95	137	2	2	158	115	192	145	3600	4500
N218E	NF218	90	160	30	2	2	145	143	100	146	2	2	172	142	215	178	3400	4300
N219E	NF219	95	170	32	2.1	2.1	154.5	151.5	107	155	2.1	2.1	208	152	262	190	3200	4000
N220E	NF220	100	180	34	2.1	2.1	163	160	112	104	2.1	2.1	235	168	302	212	3000	3800
(0)3 尺寸系列																		
N304E	NF304	20	52	15	1.1	0.6	45.5	44.5	26.5	47	1	0.6	29.0	18.0	25.5	15.0	11000	15000
N305E	NF305	25	62	17	1.1	1.1	54	53	31.5	55	1	1	38.5	25.5	35.8	22.5	9000	12000
N306E	NF306	30	72	19	1.1	1.1	62.5	62	37	64	1	1	49.2	33.5	48.2	31.5	8000	10000
N307E	NF307	35	80	21	1.5	1.1	70.2	68.2	44	71	1.5	1	62.0	41.0	63.2	39.2	7000	9000
N308E	NF308	40	90	23	1.5	1.5	80	77.5	49	80	1.5	1.5	76.8	48.8	77.8	47.5	6300	8000
N309E	NF309	45	100	25	1.5	1.5	88.5	86.5	54	89	1.5	1.5	93.0	66.8	98.0	66.8	5600	7000
N310E	NF310	50	110	27	2	2	97	95	60	98	2	2	105	76.0	112	79.5	5300	6700
N311E	NF311	55	120	29	2	2	106.5	104.5	65	107	2	2	128	97.8	138	105	4800	6000
N312E	NF312	60	130	31	2.1	2.1	115	113	72	116	2.1	2.1	142	118	155	128	4500	5600

（续）

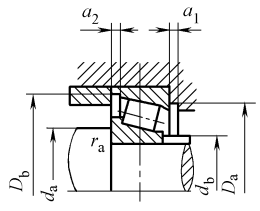
轴承代号		尺寸/mm							安装尺寸/mm				基本额定动载荷 C_r/kN		基本额定静载荷 C_{or}/kN		极限转速/（r·min^{-1}）	
		d	D	B	r	r_1	E_W		d_a	D_a	r_a	r_b						
					min		N 型	NF 型	min		max		N 型	NF 型	N 型	NF 型	脂润滑	油润滑
（0）3 尺寸系列																		
N313E	NF313	65	140	33	2.1		124.5	121.5	77	125	2.1		170	125	188	135	4000	5000
N314E	NF314	70	150	35	2.1		133	130	82	134	2.1		195	145	220	162	3800	4800
N315E	NF315	75	160	37	2.1		143	139.5	87	143	2.1		228	165	260	188	3600	4500
N316E	NF316	80	170	39	2.1		151	147	92	151	2.1		245	175	282	200	3400	4300
N317E	NF317	85	180	41	3		160	156	99	160	2.5		280	212	332	242	3200	4000
N318E	NF318	90	190	43	3		169.5	165	104	169	2.5		298	228	348	265	3000	3800
N319E	NF319	95	200	45	3		177.5	173.5	109	178	2.5		315	245	380	288	2800	3600
N320E	NF320	100	215	47	3		191.5	185.5	114	190	2.5		365	282	425	340	2600	3200
（0）4 尺寸系列																		
N406		30	90	23	1.5		73		39	—	1.5		57.2		53.0		7000	9000
N407		35	100	25	1.5		83		44	—	1.5		70.8		68.2		6000	7500
N408		40	110	27	2		92		50	—	2		90.5		89.8		5600	7000
N409		45	120	29	2		100.5		55	—	2		102		100		5000	6300
N410		50	130	31	2.1		110.8		62	—	2.1		120		120		4800	6000
N411		55	140	33	2.1		117.2		67	—	2.1		128		132		4300	5300
N412		60	150	35	2.1		127		72	—	2.1		155		162		4000	5000
N413		65	160	37	2.1		135.3		77	—	2.1		170		178		3800	4800
N414		70	180	42	3		152		84	—	2.5		215		232		3400	4300
N415		75	190	45	3		160.5		89	—	2.5		250		272		3200	4000
N416		80	200	48	3		170		94	—	2.5		285		315		3000	3800
N417		85	210	52	4		179.5		103	—	3		312		345		2800	3600
N418		90	225	54	4		191.5		108	—	3		352		392		2400	3200
N419		95	240	55	4		201.5		113	—	3		378		428		2200	3000
N420		100	250	58	4		211		118	—	3		418		480		2000	2800
22 尺寸系列																		
N2204E		20	47	18	1	0.6	41.5		25	42	1	0.6	30.8		30.0		12000	16000
N2205E		25	52	18	1	0.6	46.5		30	47	1	0.6	32.8		33.8		11000	14000
N2206E		30	62	20	1	0.6	55.5		36	56	1	0.6	45.5		48.0		8500	11000
N2207E		35	72	23	1.1	0.6	64		42	64	1	0.6	57.5		63.0		7500	9500
N2208E		40	80	23	1.1	1.1	71.5		47	72	1	1	67.5		75.2		7000	9000
N2209E		45	85	23	1.1	1.1	76.5		52	77	1	1	71.0		82.0		6300	8000
N2210E		50	90	23	1.1	1.1	81.5		57	83	1	1	74.2		88.8		6000	7500
N2211E		55	100	25	1.5	1.1	90		64	91	1.5	1	94.8		118		5300	6700
N2212E		60	110	28	1.5	1.5	100		69	100	1.5	1.5	122		152		5000	6300
N2213E		65	120	31	1.5	1.5	108.5		74	108	1.5	1.5	142		180		4500	5600
N2214E		70	125	31	1.5	1.5	113.5		79	114	1.5	1.5	148		192		4300	5300
N2215E		75	130	31	1.5	1.5	118.5		84	120	1.5	1.5	155		205		4000	5000
N2216E		80	140	33	2	2	127.3		90	128	2	2	178		242		3800	4800
N2217E		85	150	36	2	2	136.5		95	137	2	2	205		272		3600	4500
N2218E		90	160	40	2	2	145		100	146	2	2	230		312		3400	4300
N2219E		95	170	43	2.1	2.1	154.5		107	155	2.1	2.1	275		368		3200	4000
N2220E		100	180	46	2.1	2.1	163		112	164	2.1	2.1	318		440		3000	3800

注：后缀带 E 为加强型圆柱滚子轴承，应优先选用。

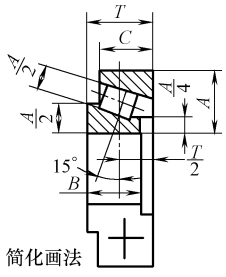
表 11-19　圆锥滚子轴承



30000型



安装尺寸



简化画法

径向当量动负荷：

当 $\frac{F_a}{F_r} \leqslant e$ 时　$P_r = F_r$

当 $\frac{F_a}{F_r} > e$ 时　$P_r = 0.4F_r + YF_a$

径向当量静负荷

$P_{0r} = F_r$

$P_{0r} = 0.5F_r + Y_0F_a$

取上列两式计算结果的较大值。

轴承代号	尺寸/mm								安装尺寸/mm									计算系数			基本额定		极限转速/(r·min⁻¹)		原轴承代号
	d	D	T	B	C	r min	r_1 min	a ≈	d_a min	d_b max	D_a min	D_a max	D_a min	a_1 min	a_2 min	r_a max	r_b max	e	Y	Y_0	动载荷 C_r kN	静载荷 C_{0r} kN	脂润滑	油润滑	
02 尺寸系列																									
30203	17	40	13.25	12	11	1	1	9.9	23	23	34	34	37	2	2.5	1	1	0.35	1.7	1	20.8	21.8	9000	12000	7203E
30204	20	47	15.25	14	12	1	1	11.2	26	27	40	41	43	2	3.5	1	1	0.35	1.7	1	28.2	30.5	8000	10000	7204E
30205	25	52	16.25	15	13	1	1	12.5	31	31	44	46	48	2	3.5	1	1	0.37	1.6	0.9	32.2	37.0	7000	9000	7205E
30206	30	62	17.25	16	14	1	1	13.8	36	37	53	56	58	2	3.5	1	1	0.37	1.6	0.9	43.2	50.5	6000	7500	7206E
30207	35	72	18.25	17	15	1.5	1.5	15.3	42	44	62	65	67	3	3.5	1.5	1.5	0.37	1.6	0.9	54.2	63.5	5300	6700	7207E
30208	40	80	19.75	18	16	1.5	1.5	16.9	47	49	69	73	75	3	4	1.5	1.5	0.37	1.6	0.9	63.0	74.0	5000	6300	7208E
30209	45	85	20.75	19	16	1.5	1.5	18.6	52	53	74	78	80	3	5	1.5	1.5	0.4	1.5	0.8	67.8	83.5	4500	5600	7209E
30210	50	90	21.75	20	17	1.5	1.5	20	57	58	79	83	86	3	5	1.5	1.5	0.42	1.4	0.8	73.2	92.0	4300	5300	7210E
30211	55	100	22.75	21	18	2	1.5	21	64	64	88	91	95	4	5	2	1.5	0.4	1.5	0.8	90.8	115	3800	4800	7211E
30212	60	110	23.75	22	19	2	1.5	22.3	69	69	96	101	103	4	5	2	1.5	0.4	1.5	0.8	102	130	3600	4500	7212E
30213	65	120	24.75	23	20	2	1.5	23.8	74	77	106	111	114	4	5	2	1.5	0.4	1.5	0.8	120	152	3200	4000	7213E
30214	70	125	26.25	24	21	2	1.5	25.8	79	81	110	116	119	4	5.5	2	1.5	0.42	1.4	0.8	132	175	3000	3800	7214E
30215	75	130	27.25	25	22	2	1.5	27.4	84	85	115	121	125	4	5.5	2	1.5	0.44	1.4	0.8	138	185	2800	3600	7215E
30216	80	140	28.25	26	22	2.5	2	28.1	90	90	124	130	133	4	6	2.1	2	0.42	1.4	0.8	160	212	2600	3400	7216E
30217	85	150	30.5	28	24	2.5	2	30.3	95	96	132	140	142	5	6.5	2.1	2	0.42	1.4	0.8	178	238	2400	3200	7217E
30218	90	160	32.5	30	26	2.5	2	32.3	100	102	140	150	151	5	6.5	2.1	2	0.42	1.4	0.8	200	270	2200	3000	7218E
30219	95	170	34.5	32	27	3	2.5	34.2	107	108	149	158	160	5	7.5	2.5	2.1	0.42	1.4	0.8	228	308	2000	2800	7219E
30220	100	180	37	34	29	3	2.5	36.4	112	114	157	168	169	5	8	2.5	2.1	0.42	1.4	0.8	255	350	1900	2600	7220E

（续）

轴承代号	尺寸/mm								安装尺寸/mm									计算系数			基本额定		极限转速/(r·min⁻¹)		原轴承代号
	d	D	T	B	C	r min	r_1 min	a ≈	d_a min	d_b max	D_a min	D_a max	D_a min	a_1 min	a_2 min	r_a max	r_b max	e	Y	Y_0	动载荷 C_r kN	静载荷 C_{0r} kN	脂润滑	油润滑	
03尺寸系列																									
30302	15	42	14.25	13	11	1	1	9.6	21	22	36	36	38	2	3.5	1	1	0.29	2.1	1.2	22.8	21.5	9000	12000	7302E
30303	17	47	15.25	14	12	1	1	10.4	23	25	40	41	43	3	3.5	1	1	0.29	2.1	1.2	28.2	27.2	8500	11000	7303E
30304	20	52	16.25	15	13	1.5	1.5	11.1	27	28	44	45	48	3	3.5	1.5	1.5	0.3	2	1.1	33.0	33.2	7500	9500	7304E
30305	25	62	18.25	17	15	1.5	1.5	13	32	34	54	55	58	3	3.5	1.5	1.5	0.3	2	1.1	46.8	48.0	6300	8000	7305E
30306	30	72	20.75	19	16	1.5	1.5	15.3	37	40	62	65	66	3	5	1.5	1.5	0.31	1.9	1.1	59.0	63.0	5600	7000	7306E
30307	35	80	22.75	21	18	2	1.5	16.8	44	45	70	71	74	3	5	2	1.5	0.31	1.9	1.1	75.2	82.5	5000	6300	7307E
30308	40	90	25.25	23	20	2	1.5	19.5	49	52	77	81	84	3	5.5	2	1.5	0.35	1.7	1	90.8	108	4500	5600	7308E
30309	45	100	27.25	25	22	2	1.5	21.3	54	59	86	91	94	3	5.5	2	1.5	0.35	1.7	1	108	130	4000	5000	7309E
30310	50	110	29.25	27	23	2.5	2	23	60	65	95	100	103	4	6.5	2	2	0.35	1.7	1	130	158	3800	4800	7310E
30311	55	120	31.5	29	25	2.5	2	24.9	65	70	104	110	112	4	6.5	2.5	2	0.35	1.7	1	152	188	3400	4300	7311E
30312	60	130	33.5	31	26	3	2.5	26.6	72	76	112	118	121	5	7.5	2.5	2.1	0.35	1.7	1	170	210	3200	4000	7312E
30313	65	140	36	33	28	3	2.5	28.7	77	83	122	128	131	5	8	2.5	2.1	0.35	1.7	1	195	242	2800	3600	7313E
30314	70	150	38	35	30	3	2.5	30.7	82	89	130	138	141	5	8	2.5	2.1	0.35	1.7	1	218	272	2600	3400	7314E
30315	75	160	40	37	31	3	2.5	32	82	95	139	148	150	5	9	2.5	2.1	0.35	1.7	1	252	318	2400	3200	7315E
30316	80	170	42.5	39	33	3	2.5	34.4	92	102	148	158	160	5	9.5	2.5	2.1	0.35	1.7	1	278	352	2200	3000	7316E
30317	85	180	44.5	41	34	4	3	35.9	99	107	156	166	168	6	10.5	3	2.5	0.35	1.7	1	305	388	2000	2800	7317E
30318	90	190	46.5	43	36	4	3	37.5	104	113	165	176	178	6	10.5	3	2.5	0.35	1.7	1	342	440	1900	2600	7318E
30319	95	200	49.5	45	38	4	3	40.1	109	118	172	186	185	6	11.5	3	2.5	0.35	1.7	1	370	478	1800	2400	7319E
30320	100	215	51.5	47	39	4	3	42.2	114	127	184	201	199	6	12.5	3	2.5	0.35	1.7	1	405	525	1600	2000	7320E
22尺寸系列																									
32206	30	62	21.25	20	17	1	1	15.6	36	36	52	56	58	3	4.5	1	1	0.37	1.6	0.9	51.8	63.8	6000	7500	7506E
32207	35	72	24.25	23	19	1.5	1.5	17.9	42	42	61	65	68	3	5.5	1.5	1.5	0.37	1.6	0.9	70.5	89.5	5300	6700	7507E
32208	40	80	24.75	23	19	1.5	1.5	18.9	47	48	68	73	75	3	6	1.5	1.5	0.37	1.6	0.9	77.8	97.2	5000	6300	7508E
32209	45	85	24.75	23	19	1.5	1.5	20.1	52	53	73	78	81	3	6	1.5	1.5	0.4	1.5	0.8	80.8	105	4500	5600	7509E

（续）

轴承代号	尺寸/mm								安装尺寸/mm									计算系数			基本额定		极限转速/(r·min⁻¹)		原轴承代号
	d	D	T	B	C	r min	r_1 min	a ≈	d_a min	d_b max	D_a min	D_a max	D_a min	a_1 min	a_2 min	r_a max	r_b max	e	Y	Y_0	动载荷 C_r kN	静载荷 C_{0r} kN	脂润滑	油润滑	
22尺寸系列																									
32210	50	90	24.75	23	19	1.5	1.5	21	57	57	78	83	86	3	6	1.5	1.5	0.42	1.4	0.8	82.8	108	4300	5300	7510E
32211	55	100	26.75	25	21	2	1.5	22.8	64	62	87	91	96	4	6	2	1.5	0.4	1.5	0.8	108	142	3800	4800	7511E
32212	60	110	29.75	28	24	2	1.5	25	69	68	95	101	105	4	6	2	1.5	0.4	1.5	0.8	132	180	3600	4500	7512E
32213	65	120	32.75	31	27	2	1.5	27.3	74	75	104	111	115	4	6	2	1.5	0.4	1.5	0.8	160	222	3200	4000	7513E
32214	70	125	33.25	31	27	2	1.5	28.8	79	78	108	116	120	4	6.5	2	1.5	0.42	1.4	0.8	168	238	3000	3800	7514E
32215	75	130	33.25	31	27	2	1.5	30	84	84	115	121	126	4	6.5	2	1.5	0.44	1.4	0.8	170	242	2800	3600	7515E
32216	80	140	35.25	33	28	2.5	2	31.4	90	89	122	130	135	5	7.5	2.1	2	0.42	1.4	0.8	198	278	2600	3400	7516E
32217	85	150	38.5	36	30	2.5	2	33.9	95	95	130	140	143	5	8.5	2.1	2	0.42	1.4	0.8	228	325	2400	3200	7517E
32218	90	160	42.5	40	34	2.5	2	36.8	100	101	138	150	153	5	8.5	2.1	2	0.42	1.4	0.8	270	395	2200	3000	7518E
32219	95	170	45.5	43	37	3	2.5	39.2	107	106	145	158	163	5	8.5	2.5	2.1	0.42	1.4	0.8	302	448	2000	2800	7519E
32220	100	180	49	46	39	3	2.5	41.9	112	113	154	168	172	5	10	2.5	2.1	0.42	1.4	0.8	340	512	1900	2600	7520E
23尺寸系列																									
32303	17	47	20.25	19	16	1	1	12.3	23	24	39	41	43	3	4.5	1	1	0.29	2.1	1.2	35.2	36.2	8500	11000	7603E
32304	20	52	22.25	21	18	1.5	1.5	13.6	27	26	43	45	48	3	4.5	1.5	1.5	0.3	2	1.1	42.8	46.2	7500	9500	7604E
32305	25	62	25.25	24	20	1.5	1.5	15.9	32	32	52	55	58	3	5.5	1.5	1.5	0.3	2	1.1	61.5	68.8	6300	8000	7605E
32306	30	72	28.75	27	23	1.5	1.5	18.9	37	38	59	65	66	4	6	1.5	1.5	0.31	1.9	1.1	81.5	96.5	5600	7000	7606E
32307	35	80	32.75	31	25	2	1.5	20.4	44	43	66	71	74	4	8.5	2	1.5	0.31	1.9	1.1	99.0	118	5000	6300	7607E
32308	40	90	35.25	33	27	2	1.5	23.3	49	49	73	81	83	4	8.5	2	1.5	0.35	1.7	1	115	148	4500	5600	7608E
32309	45	100	38.25	36	30	2	1.5	25.6	54	56	82	91	93	4	8.5	2	1.5	0.35	1.7	1	145	188	4000	5000	7609E
32310	50	110	42.25	40	33	2.5	2	28.2	60	61	90	100	102	5	9.5	2	2	0.35	1.7	1	178	235	3800	4800	7610E
32311	55	120	45.5	43	35	2.5	2	30.4	65	66	99	110	111	5	10	2.5	2	0.35	1.7	1	202	270	3400	4300	7611E
32312	60	130	48.5	46	37	3	2.5	32	72	72	107	118	122	6	11.5	2.5	2.1	0.35	1.7	1	228	302	3200	4000	7612E
32313	65	140	51	48	39	3	2.5	34.3	77	79	117	128	131	6	12	2.5	2.1	0.35	1.7	1	260	350	2800	3600	7613E
32314	70	150	54	51	42	3	2.5	36.5	82	84	125	138	141	6	12	2.5	2.1	0.35	1.7	1	298	408	2600	3400	7614E
32315	75	160	58	55	45	3	2.5	39.4	87	91	133	148	150	7	13	2.5	2.1	0.35	1.7	1	348	482	2400	3200	7615E
32316	80	170	61.5	58	48	3	2.5	42.1	92	97	142	158	160	7	13.5	2.5	2.1	0.35	1.7	1	388	542	2200	3000	7616E
32317	85	180	63.5	60	49	4	3	43.5	99	102	150	166	168	8	14.5	3	2.5	0.35	1.7	1	422	592	2000	2800	7617E
32318	90	190	67.5	64	53	4	3	46.2	104	107	157	176	178	8	14.5	3	2.5	0.35	1.7	1	478	682	1900	2600	7618E
32319	95	200	71.5	67	55	4	3	49	109	114	166	186	187	8	16.5	3	2.5	0.35	1.7	1	515	738	1800	2400	7619E
32320	100	215	77.5	73	60	4	3	52.9	114	122	177	201	201	8	17.5	3	2.5	0.35	1.7	1	600	872	1600	2000	7620E

11.1.4　滚动轴承的润滑和密封

1. 滚动轴承的润滑

润滑的主要作用是降低轴承的摩擦阻力和减轻磨损，还可以起到散热、吸振，减少接触应力、防锈和密封的作用。合理的润滑对提高轴承性能，延长轴承使用寿命具有重要意义。轴承常用的润滑方式有油润滑及脂润滑两类。选用哪种润滑方式，与轴承的转速有关。一般高速时采用油润滑，低速时采用脂润滑。可根据速度因数 dn 值（d 为轴颈直径；n 为工作转速。）由表 11-20 选择。

脂润滑因润滑脂承载能力高，不易流失，便于密封和维护，且一次充填润滑脂可运转较长时间。润滑脂的装填量一般不超过轴承空间的 1/3 ~ 1/2，装脂过多，易于引起摩擦发热，影响轴承的正常工作。

油润滑的优点是比脂润滑摩擦阻力小，并能散热，主要用于高速或工作温度较高的轴承。润滑油的黏度可按轴承的速度因数 dn 和工作温度 t 来确定，可查相关技术手册。油量不宜过多，如果采用浸油润滑则油面高度不超过最低滚动体的中心，以免产生过大的搅油损耗和热量。高速轴承通常采用滴油或喷雾方法润滑。

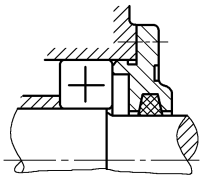
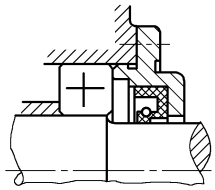
表 11-20　滚动轴承润滑方式的选择

轴承类型	dn/(mm · r · min^{-1})				
	浸油润滑飞溅润滑	滴油润滑	喷油润滑	油雾润滑	脂润滑
深沟球轴承 角接触球轴承 圆柱滚子轴承	$\leqslant 2.5\times10^5$	$\leqslant 4\times10^5$	$\leqslant 6\times10^5$	$>6\times10^5$	$\leqslant(2\sim3)\times10^5$
圆锥滚子轴承	$\leqslant 1.6\times10^5$	$\leqslant 2.3\times10^5$	$\leqslant 3\times10^5$	—	
推力球轴承	$\leqslant 0.6\times10^5$	$\leqslant 1.2\times10^5$	$\leqslant 1.5\times10^5$	—	

2. 滚动轴承的密封

密封是为了阻止灰尘、水分和其他杂物进入轴承，并防止润滑剂流失。密封装置可分为接触式和非接触式两大类。非接触式密封不受速度的限制。接触式密封只能用在线速度较低的场合，常用的材料有细毛毡、橡胶、皮革、软木或者减摩性好的硬质材料（如加强石墨、青铜、耐磨铸铁等）。为了保证密封的寿命及减少轴的磨损，轴的接触部分的硬度 >40HRC，表面粗糙度值不大于 $Ra0.8\mu m$。各种密封装置的结构和特点见表 11-21。作为标准产品供应市场的密封轴承（如 60000-RZ 型、60000-2RS 型），其单面或双面带有防尘盖和密封圈。内部已填入润滑脂，无须再加其他的密封装置。结构简单，使用广泛。

表 11-21　滚动轴承的结构和特点

接触式密封	
毡圈密封($v<5$m/s)	密封圈密封($v<12$m/s)
	
结构简单,压紧力不能调整, 用于脂润滑	使用方便,密封可靠。耐油橡胶和塑料密封 有 O、J、U 等形式,有弹簧箍的密封性能更好

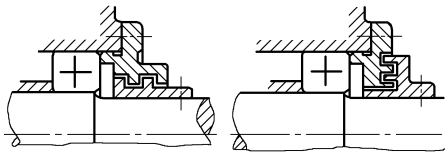
（续）

非接触式密封

迷宫式密封（$v<30$m/s）

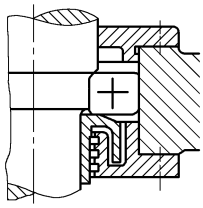
轴向曲路　　径向曲路

（只用于剖分结构）



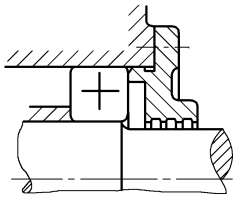
油润滑、脂润滑都有效，缝隙中填脂

立轴综合密封



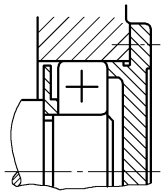
为防止立轴漏油，一般应采取两种以上的综合密封形式

油沟密封（$v<5\sim6$m/s）



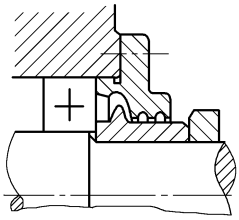
结构简单，沟内填脂，用于脂润滑或低速油润滑。盖与轴的间隙约为0.1～0.3mm，沟槽宽3～4mm，深4～5mm

挡圈密封



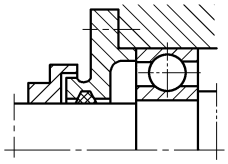
挡圈随轴旋转，可利用离心力甩去油和杂物，最好与其密封联合使用

甩油密封



甩油环靠离心力将油甩掉，再通过导油槽将油导回油箱

组合密封



把毛毡和迷宫组合在一起密封，可充分发挥各自优点，提高密封效果，多用于密封要求较高的场合

11.1.5　滚动轴承的公差与配合（见表11-22～表11-26）

表11-22　滚动轴承的公差选择

精度等级	轴承与轴		轴承与外壳孔		
	过渡配合	过盈配合	间隙配合	过渡配合	过盈配合
0级	h9 h8 g6、h6、j6、js6 g5、h5、j5	r7 k6、m6、 n6、p6、r6 k5、m5	H8 G7、H7、H6	J7、JS7、K7、M7、N7 J6、JS6、K6、M6、N6	P7 P6
6级	g6、h6、j6、js6 g5、h5、j5	r7 k6、m6、n6、p6、r6 k5、m5	H8 G7、H7、H6	J7、JS7、K7、M7、N7 J6、JS6、K6、M6、N6	P7 P6
5级	h5、j5、js5	k6、m6 k5、m5	G6、H6	JS6、K6、M6 JS5、K5、M5	
4级	h5、js5 h4、js4	k5、m5 k4	H5	K6 JS5、K5、M5	
2级	h3、js3		H4	JS4、K4	

注：1. 孔N6与0级精度轴承（外径$D<150$mm）和6级精度轴承（外径$D<315$mm）的配合为过渡配合。

2. 轴r5用于内径$d=120\sim500$mm；轴r7用于内径$d=180\sim500$mm。

表 11-23　与向心轴承配合的轴的公差带

圆柱孔轴承						
运转状态		载荷状态	深沟球轴承,调心球轴承和角接触球轴承	圆柱滚子轴承和圆锥滚子轴承	调心滚子轴承	公差带
说明	举例		轴承公称内径/mm			
旋转的内圈载荷及摆动载荷	一般通用机械、电动机、机床主轴、泵,内燃机、直齿轮传动装置、铁道车辆轴箱、破碎机等	轻载荷	≤18 >18~100 >100~200 —	— ≤40 >40~140 >140~200	— ≤40 >40~100 >100~200	h5 j6① k6① m6①
		正常载荷	≤18 >18~100 >100~140 >140~200 >200~280 — —	— ≤40 >40~100 >100~140 >140~200 >200~400 —	— ≤400 >40~65 >65~100 >100~140 >140~280 >280~500	j5　js5 k5② m5② m6 n6 p6 r6
		重载荷		>50~140 >140~200 >200 —	>50~100 >100~140 >140~200 >200	n6 p6③ r6 r7
固定的内圈载荷	静止轴上的各种轮子,张紧轮绳轮、振动筛、惯性振动器	所有载荷	所有尺寸			f6 g6① h6 j6
仅有轴向载荷		所有尺寸				j6、js6
圆锥孔轴承						
所有载荷	铁路机车车辆轴箱	装在退卸套上的所有尺寸				h8(IT6)④⑤
	一般机械传动	装在紧定套上的所有尺寸				h9(IT7)④⑤

① 凡对精度有较高要求的场合，应用 j5，k5……代替 j6，k6……

② 圆锥滚子轴承、角接触球轴承配合、对游隙影响不大，可用 k6、m6 代替 k5、m5。

③ 重载荷下轴承游隙应选大于 0 组。

④ 凡有较高精度或转速要求的场合，应选用 h7（IT5）代替 h8（IT6）等。

⑤ IT6、IT7 表示圆柱度公差数值。

表 11-24　与向心轴承配合的孔的公差带

运转状态		载荷状态	其他状况	公差带①	
说明	举例			球轴承	滚子轴承
固定的外圈载荷	一般机械,铁道车辆轴箱、电动机、泵、曲轴主轴承	轻、正常、重	轴向易移动,可采用剖分式外壳	H7、G7②	
		冲击	轴向能移动,可采用整体或剖分式外壳	J7、JS7	
摆动载荷		轻、正常			
		正常、重	轴向不移动,采用整体式外壳	K7	
		冲击		M7	
旋转的外圈载荷	张紧滑轮,轮毂轴承	轻		J7	K7
		正常		K7、M7	M7、N7
		重		—	N7、P7

① 并列公差带随尺寸的增大从左至右选择，对旋转精度有较高要求时，可相应提高一个公差等级。

② 不适用于剖分式外壳。

表 11-25 与推力轴承配合的轴的公差带

运转状态	载荷状态	推力球和推力滚子轴承	推力调心滚子轴承②	公差带
		轴承公称内径/mm		
仅有轴向载荷		所有尺寸		j6、js6
固定的轴圈载荷	径向和轴向联合载荷	—	≤250	j6
		—	>250	js6
旋转的轴圈载荷或摆动载荷		—	≤200	k6①
		—	>200～400	m6
		—	>400	n6

① 要求较小过盈时，可分别用 j6、k6、m6 代替 k6、m6、n6。

② 也包括推力圆锥滚子轴承、推力角接触球轴承。

表 11-26 与推力轴承配合的孔的公差带

运转状态	载荷状态	轴承类型	公差带	备　注
仅有轴向载荷		推力球轴承	H8	
		推力圆柱、圆锥滚子轴承	H7	
		推力调心滚子轴承		外壳孔与座圈间间隙为 0.001D（D 为轴承公称外径）
固定的座圈载荷	径向和轴向联合载荷	推力角接触球轴承、推力调心滚子轴承、推力圆锥滚子轴承	H7	
旋转的座圈载荷或摆动载荷			K7	普通使用条件
			M7	有较大径向载荷时

11.2 滑动轴承

11.2.1 基本设计计算方法

11.2.1.1 概述

滑动轴承是支撑轴承的零件或部件，轴颈与轴瓦面接触，属滑动摩擦。滚动轴承虽具有一系列优点，在一般机器中获得了广泛应用，但是在高速、高精度、重载、结构上要求剖分等场合下，滑动轴承就显示出它的优势。如水轮发电机、汽轮机、内燃机中多采用滑动轴承。此外，在低速而带有冲击的机器中，如水泥搅拌机、破碎机等也常采用滑动轴承。

1. 类型

（1）按承载方向　滑动轴承可分为向心轴承（也称径向轴承或普通轴承）、推力轴承（也称止推轴承）和组合轴承。向心轴承只能承受径向载荷 F_r；推力轴承只能承受轴向载荷 F_a；组合轴承（由向心轴承和推力轴承组合而成）既能承受径向载荷，也能承受轴向载荷。

（2）按润滑状态　滑动轴承可分为液体润滑轴承和非液体润滑轴承（不完全液体润滑滑动轴承）。液体润滑轴承是指摩擦表面被一流体膜分开（厚度约 1.5～2.0μm），固体表面间的摩擦为液体分子间的摩擦，例如汽轮机的主轴与轴承之间的润滑状态即属于液体润滑轴承。非液体润滑轴承则处于干摩擦、边界摩擦及液体摩擦的混合摩擦状态。液体润滑按流体膜形成原理又分为液体动压润滑和流体静压润滑，液体动压润滑是靠摩擦表面几何形状、相对运动并借助黏性流体动力学作用产生压力平衡外载；流体静压润滑是靠外部提供压力流体，借助流体静压力平衡外载荷。但无论是液体动压润滑或流体静压润滑，在起动的一瞬间

两摩擦表面处于干摩擦状态。

处于边界摩擦及混合摩擦状态下工作的轴承为非液体润滑轴承。

（3）按润滑材料　可分为液体润滑轴承（例如油）、气体润滑轴承（例如空气、氦气、氮气）、塑性体润滑轴承（例如脂、半液体金属 Pb、Sn、In）、固体润滑轴承（例如 Pb、Sn、石墨、玻璃）和自润滑轴承（粉末冶金）。

2. 特点

与滚动轴承相比有以下优点（主要指液体润滑轴承）：

1）承载能力高。

2）具有高的旋转精度。

3）耐冲击，因为油膜有一定的吸振能力。

4）摩擦、磨损较小。

5）径向尺寸小等优点。

6）工作平稳可靠、噪声低。

缺点：

1）起动阻力大。

2）液体润滑滑动轴承设计、制造、维护费用较高。

3）非液体润滑的滑动轴承摩擦大，轴和轴瓦磨损严重。

11.2.1.2　滑动轴承的失效形式及常用材料

1. 失效形式

1）磨损：进入轴承间隙的杂质（砂粒、铁屑、灰尘等）在轴颈和轴瓦间运动从而造成轴瓦和轴颈的磨损导致几何尺寸的改变、轴承间隙的加大和精度的降低，使轴承的性能降低、寿命降低。

2）胶合：在滑动轴承的载荷过大、温度过高，润滑油膜破裂或润滑油不足的情况下轴颈和轴瓦表面间的材料相互粘连，在强行运动时材料发生迁移，从而造成轴承失效。

3）疲劳剥落：滑动轴承在载荷的反复作用下轴瓦表面出现与运动方向垂直的裂纹，随着裂纹扩展，当裂纹穿透轴承衬达到衬背面结合处时，轴承衬将发生剥落，从而造成轴承失效。

4）腐蚀：在滑动轴承的使用过程中，润滑剂不断氧化，所产生的酸性物质对轴承材料产生腐蚀作用，特别是铸造铜铅合金中的铅，受腐蚀后容易形成斑点状的脱落。锡基巴氏合金的氧化会使轴承表面形成由 SnO_2 和 SnO 组成的黑色硬质氧化层，容易划伤轴颈表面。此外，空气、润滑油中的水分以及硫等物质对轴承材料也有氧化和腐蚀作用。

5）刮伤：在轴承运转过程中，进入轴承间隙的杂质（如砂粒、铁屑等）在轴承表面间研出沟痕，使润滑效果下降或失效。

2. 滑动轴承轴瓦和轴承衬的常用材料

轴瓦和轴承衬的材料统称为轴承材料。根据滑动轴承的工作特点，轴瓦材料应该具有足够的强度和较好的塑性、减摩性、耐磨性、顺应性、嵌藏性、磨合性。为了充分利用各种金属的特点和节省贵重金属，通常把轴瓦做成复合结构，即在用强度比较大的材料制成的轴瓦内表面附上一层耐磨性、减摩性、顺应性、嵌藏性、磨合性等比较好的轴承衬。常用的轴瓦和轴承衬材料有：

（1）轴承合金　又称巴氏合金，即 Cu、Sn、Pb、Sb 的合金，以 Sn、Pb 为基础，悬浮锑锡及铜锡的硬晶粒，均匀分布于基体内，硬晶粒起抗磨作用，软基体则增加材料的塑性，巴氏合金在所有的轴承合金中的嵌入性、顺应性最好，容易与轴颈磨合，同时它的抗胶合能力强，但是，其强度低，不能单独制造成轴瓦，只能贴附在青铜、钢、铸铁等高强度材料制成的轴瓦的内表面上，作为轴承衬使用。这样制成的轴承适用高速、重载场合，但是价格昂贵。

（2）铸铁和耐磨铸铁　灰口铸铁或耐磨灰口铸铁或者球墨铸铁中的石墨可以在摩擦表面形成一层起润滑作用的石墨层，所以具有一定的耐磨性和减摩性。石墨吸附碳氢化合物也有助于提高边界润滑的性能，但是，由于铸铁比较脆，只适用于低速、轻载场合的不重要轴承。

（3）粉末冶金　粉末冶金是金属粉末加石墨高压成型再经高温烧制而成的含有孔隙的轴承材料，孔隙占总体积的 15% ~35%，可预先浸满油，工作时自行润滑，所以又称含油轴承。

（4）非金属材料　如尼龙、塑料等，具有耐水、耐酸、耐碱、减摩性好以及一定的自润滑性等优点，但导热性差，塑性以及强度差，多用于在水、酸、碱等金属容易腐蚀的场合下工作的轴承材料。

常用轴承材料的机械性能见表 11-27 ~ 表 11-32。

11.2.1.3　不完全液体润滑滑动轴承的设计计算

采用油脂、油绳或滴油润滑的滑动轴承，由于轴承得不到充足的润滑剂，轴承运转时难以形成承载油膜，轴承只能在混合摩擦状态下工作，这样的轴承用于低速轻载或者间歇工作的不重要场合。通常针对磨损、胶合、点蚀的失效形式采用简化的条件性计算，即限制压强、限制 pv 值、限制滑动速度 v 等。

1. 径向轴承

（1）限制平均压强 p（即限制磨损失效）

$$p=\frac{F}{d\cdot B}\leqslant[p]$$

式中　F——轴承径向载荷（N）；

d——轴颈直径（mm）；

B——轴承的有效宽度（mm）；

$[p]$——许用比压（MPa）。

（2）限制 pv 值（即限制胶合）

由于摩擦功率损失产生热量，导致温度升高，而 pv 与功率损失成正比，因而限制 pv 值就可以限制发热量，进而限制了胶合。发热量可由下式计算：

$$H=\mu Fv=\mu Bdpv$$

式中　μ——摩擦因数；

F——径向（N）；

v——速度（m/s）。

而且 B 、d、μ 为定值，pv 为变值，所以控制 pv 即可防止胶合失效。即：

$$pv=\frac{F}{Bd}\cdot\frac{\pi dn}{60\times1000}\approx\frac{F\cdot n}{20000\cdot B}\leqslant[pv]$$

（3）限制滑动速度 v

有时由于安装误差或轴的弹性变形，使轴径与轴承局部接触，此时即使平均压强 p 较小，p 及 pv 皆小于许用值，但也可能由于轴颈圆周速度较高，而使轴承局部过度磨损或胶合。因此安装精度较差、轴的弹性变形较大和轴承宽径比较大时，还需验算轴径的圆周速度 v。

$$v=\frac{\pi dn}{60\times1000}\leqslant[v]$$

金属材料和非金属的许用压强［p］、许用［pv］值及许用［v］分别见表 11-27 和表 11-29。

2. 推力轴承

计算方法与径向轴承完全相同，只不过推力轴承的受力面积为环形，表达式与径向轴承有所不同。

（1）验算轴承的平均压力 p

如图 11-14 所示，推力轴承的平均压强 p 为

$$p=\frac{F_a}{A}=\frac{F_a}{z\dfrac{\pi}{4}(d_2^2-d_1^2)}\leqslant[p]$$

式中　d_1——轴承孔直径（mm）；

d_2——轴环直径；

F_a——轴向载荷（N）；

z——轴环数目；

［p］——许用压力（MPa）。

（2）验算轴承的 pv 值

轴承环面直径处的平均圆周速度为

$$v=\frac{n\pi(d_1+d_2)}{2\times60\times1000}$$

则：$pv=\dfrac{F_a}{A}v=\dfrac{F_a}{z\dfrac{\pi}{4}(d_2^2-d_1^2)}\times\dfrac{n\pi(d_1+d_2)}{2\times60\times1000}\approx\dfrac{nF_a}{30000z(d_2-d_1)}\leqslant[pv]$

式中　n——轴的转速（r/min）；

［pv］——pv 的许用值，见表 11-28。

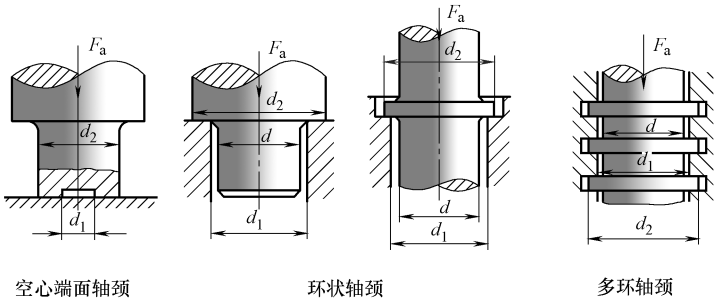


图 11-14　推力轴承的类型及结构

11.2.1.4　不完全液体润滑滑动轴承的设计实例

有一混合摩擦向心滑动轴承轴颈直径 $d=60\text{mm}$，轴承宽度 $B=60\text{mm}$，轴瓦材料为 ZCuAl10Fe3，试求：

（1）当载荷 $F=36000\text{N}$，转速 $n=150\text{r/min}$ 时，校核轴承是否满足非液体润滑轴承的使用条件；

（2）当载荷 $F=36000\text{N}$ 时，轴的允许转速 n；

（3）当轴的转速 $n=900\text{r/min}$ 时的允许载荷 F；

（4）轴的允许最大转速 $n_{\max}$。

解：

（1）校核轴承使用条件：

查表 11-27 得：

ZCuAl10Fe3 的 $[p]=15\text{MPa}$，$[v]=4\text{m/s}$；$[pv]=12\text{MPa}\cdot\text{m/s}$，

$$v=\frac{\pi dn}{60\times1000}=\frac{\pi\times60\times150}{60\times1000}\text{m/s}=0.47\text{m/s}<[v]$$

$$p=\frac{F}{dB}=\frac{36000}{60\times60}\text{MPa}=10\text{MPa}<[p]$$

$pv=10\times0.47\text{MPa}=4.7\text{MPa}\cdot\text{m/s}<[pv]$，满足使用要求。

（2）求 $F=36000\text{N}$ 时轴的允许转速 n：

由 $pv=\dfrac{F}{Bd}\cdot\dfrac{\pi dn}{60\times1000}\leqslant[pv]$ 可求得速度 n：

$$n\leqslant\frac{B\times60\times1000\times[pv]}{F\times\pi}=\frac{60\times60\times1000\times12}{36000\times\pi}\text{r/min}=382\text{r/min}$$

（3）求 $n=900\text{r/min}$ 时的允许载荷：

同样由式：$pv=\dfrac{F}{Bd}\cdot\dfrac{\pi dn}{60\times1000}\leqslant[pv]$ 可求得载荷 F：

$$F\leqslant\frac{B\times60\times1000\times[pv]}{n\times\pi}=\frac{60\times60\times1000\times12}{900\times\pi}\text{N}=15279\text{N}$$

（4）求轴的允许最大转速 $n_{\max}$：

由 $v\leqslant[v]=4\text{m/s}$ 可求得转速 $n_{\max}$：

$$n_{\max}=\frac{60\times1000[v]}{\pi d}=\frac{60\times1000\times4}{\pi\times60}\text{r/min}=1273\text{r/min}$$

11.2.1.5　流体动压润滑形成原理及基本方程

1. 流体动压润滑基本方程——雷诺方程

描述润滑油膜压强规律的数学表达式称为雷诺方程，雷诺方程的导出是建立在以下假设的基础上：流体为牛顿流体；流体膜中流体的流动是层流；忽略压力对流体黏度的影响；忽略惯性力及重力的影响；流体不可压缩；流体膜中的压力沿膜厚方向是不变的。在此基础上，推导出一维雷诺动力润滑方程：

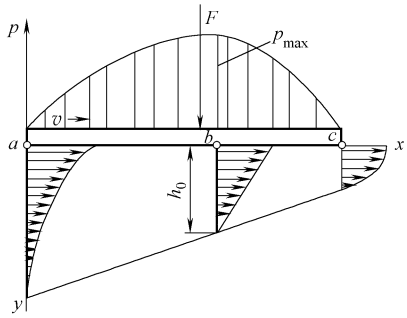


图 11-15　压力沿 x 方向曲线分布图

$$\frac{\partial p}{\partial x}=\frac{6\eta v}{h^3}(h-h_0)$$

式中　η——润滑油动力黏度；

v——平板移动速度；

h——油膜厚度，与 x 有关；

h_0——$\frac{\partial p}{\partial x}=0$ 处的油膜厚度。

压力沿 x 方向曲线分布如图 11-15 所示：

在 ab 段：$h>h_0$，由一维雷诺方程可知：$\frac{\partial p}{\partial x}>0$，因此压力 p 沿 x 方向上升；又因$\frac{\partial p}{\partial x}=\eta\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$（牛顿定律），所以$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}>0$，因此速度 v 沿 y 方向的分布为曲线下凹（因为二阶导数 > 0，有极小值）。

在 bc 段：$h<h_0$，由一维雷诺方程可知：$\frac{\partial p}{\partial x}<0$，因此压力曲线 p 沿 x 方向逐渐下降；又因$\frac{\partial p}{\partial x}=\eta\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$（牛顿定律），所以$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}<0$，因此速度 v 沿 y 方向的分布为曲线上凸（因为二阶导数 <0 有极大值）。

在 b 点处：$\frac{\partial p}{\partial x}=0$　压力达最大值；与以上分析相同，$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}=0$，因此速度 v 沿 y 方向的分布为直线。

雷诺理论最重要的结论是揭示了油楔形成的条件，液体动力润滑可以获得足够厚的油膜，保证两表面不直接接触，避免磨损出现。

2. 油楔承载机理

由一维雷诺方程可知：油膜承载能力与润滑油的黏度成正比、与两表面滑动速度成正比，且薄油膜比厚油膜能承受的载荷大。要获得流体动压润滑的三个必要条件为：

① 两相对滑动表面间形成收敛的楔形间隙；

② 被油膜分开的两表面间必须有足够的相对滑动速度，其运动方向必须使润滑油从大口进入，小口流出；

③ 润滑油有一定的黏度，且供油要充分。

如不满足上述中的任意一个条件，也就无法形成动压。

3. 流体动压径向轴承形成动压油膜的过程

径向滑动轴承的轴颈与轴承孔间必须留有间隙，径向滑动轴承形成流体动压润滑的过程，可分为三个阶段，如图 11-16 所示：

① 起动前阶段，见图 11-16a；

② 起动阶段，见图 11-16b；

③ 液体润滑阶段，见图 11-16c。

当轴颈静止时，如图 11-16a 所示，轴颈处于轴承孔的最低位置，并与轴瓦接触。此时，两表面间自然形成一收敛的楔形空间。当轴颈开始转动时，速度极低，带入轴承间隙中的油量较少，这时轴瓦对轴颈摩擦力的方向与轴颈表面圆周速度方向相反，迫使轴颈在摩擦力作用下沿孔壁向右爬升，如图 11-16b 所示。随着转速的增大，轴颈表面的圆周速度增大，带

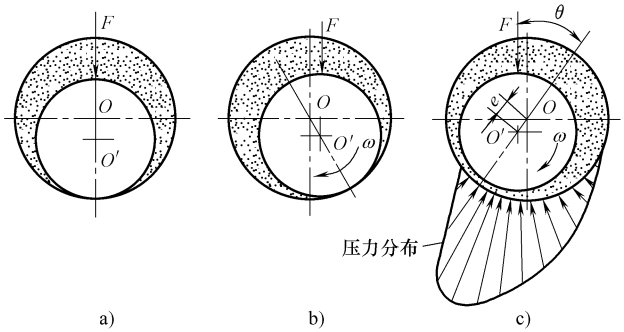


图 11-16　径向滑动轴承形成流体动压润滑的过程

入楔形空间的油量也逐渐加多，右侧楔形油膜产生了一定的动压力，将轴颈向左浮起，当轴颈达到稳定运转时，轴颈便稳定在一定的偏心位置上，如图 11-16c 所示。轴承处于流体动压润滑状态，油膜产生的动压力与外载荷 F 相平衡，由于轴承内的摩擦阻力仅为液体的内阻力，故摩擦因数达到最小值。

4. 流体动压径向轴承的几何参数

流体动压径向滑动轴承能形成楔形间隙，产生压力油膜如图 11-17 所示。轴承孔和轴颈分别用 D 和 d 表示，R 为轴承孔半径，r 为轴颈半径，B 为轴承宽度，则径向滑动轴承的主要几何关系及参数为：

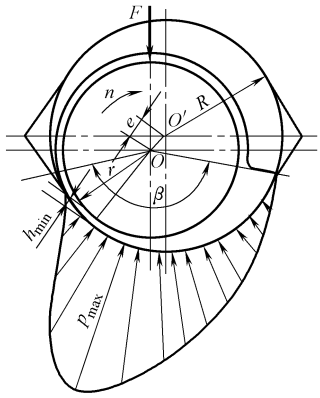


图 11-17　径向滑动轴承的几何关系

1）半径间隙 δ：轴承孔半径 R 与轴颈半径 r 之差，即

$$\delta = R - r$$

2）相对间隙 ψ：半径间隙与轴颈半径之比，即

$$\psi = \frac{\Delta}{d} = \frac{\delta}{r}$$

3）偏心距 e：轴颈中心 O 与轴承孔中心 O_1 的距离。

4）偏心率 ε：偏心距与半径间隙的比值，即

$$\varepsilon = \frac{e}{\delta}$$

如果偏心率为 0，意味着轴颈中心与轴承孔中心重合；而当偏心率为 1，则意味着偏心距最大，即这时轴和轴承孔是金属与金属直接接触。

5）最小油膜厚度 $h_{\min}$：$h_{\min} = \delta - e = r\psi(1-\varepsilon)$

轴承的油膜厚度部分决定于轴承压力，即单位面积的载荷，也决定于轴颈与轴承孔之间的间隙大小，综合反映在偏心率 ε 上，偏心率 ε 越大，油膜越薄，但如果轴承间隙很大，则薄油膜只是很窄的一段弧长，可产生较高油膜压力的区域很小，轴承的承载能力也不会很大。因此从理论上分析，采取尽可能小的轴承间隙、适中的偏心率，其轴承的承载效果最好。

11.2.1.6　流体动压径向滑动轴承承载能力的计算

1. 承载能力和索氏数 S_0

$$S_0 = \frac{F\psi^2}{Bd\eta\omega} = 3\varepsilon\int_{\varphi_1}^{\varphi_2}\left[\int_{\varphi_1}^{\varphi}\frac{(\cos\varphi - \cos\varphi_0)}{(1+\varepsilon\cos\varphi)^3}\mathrm{d}\varphi\right]\cos[180^\circ - (\varphi+\theta)]r\mathrm{d}\varphi$$

式中　S_0——索氏数；

F——轴承的载荷（N）；

η——润滑油在轴承平均工作温度下的动力黏度（Pa · s）；

d——轴径（m）；

B——轴承宽度（m）；

ω——角速度（rad/s）；

ψ——相对间隙。

索氏数是轴承包角 $\beta(=\varphi_2-\varphi_1)$ 和偏心率 ε 的函数，是量纲一的数群。

2. 流量计算

$$q_v=\psi d^3\omega\,\bar{q}_v$$

式中　$\bar{q}_v$——流量系数，是 ε、B/d、β 函数，可由图 11-22 查得。

3. 功耗计算

径向轴承在承载区的摩擦功耗为：

$$P_\mu=\mu F\cdot v=\bar{\mu}\psi F\cdot v$$

式中　$\bar{\mu}$——摩擦特性系数，$\bar{\mu}=\dfrac{\mu}{\psi}$，是 ε、B/d、β 的函数，可由图 11-23 查得。

4. 热平衡计算

轴承工作时，摩擦功耗将转变为热量，使润滑油温度升高，黏度下降。如果油的平均温度超过计算承载能力时所假定的数值，则轴承承载能力就要降低。因此必须要进行热平衡计算，计算油的温升 Δt，并将其限制在允许的范围内。

$$\Delta t=\frac{\mu Fv}{c_p\rho q_v+\pi Bd\alpha_b}=\frac{\dfrac{\mu Fv}{\psi vBd}}{\dfrac{c_p\rho q_v}{\psi vBd}+\dfrac{\pi Bd\alpha_b}{\psi vBd}}=\frac{\dfrac{\mu F}{\psi Bd}}{c_p\rho\dfrac{q_v}{\psi vBd}+\dfrac{\pi\alpha_b}{\psi v}}=\frac{\bar{\mu}p}{2c_p\rho\dfrac{d}{B}\bar{q}_v+\dfrac{\pi\alpha_b}{\psi v}}$$

平均温度：

$$t_m=\frac{1}{2}[t+(\Delta t+t_1)]=t_i+\frac{\Delta t}{2}\leqslant 75℃$$

式中　$\bar{\mu}$——摩擦特性系数，$\bar{\mu}=\mu/\psi$，是 ε、B/d 和 β 的函数，β 为 180°和 120°时的 $\bar{\mu}$ 值见图 11-23；

p——平均压强（MPa）；

$\bar{q}_v$——流量系数，查图 11-22；

c_p——油的比热容［J/(kg · ℃)］，取 1680 ~ 2100J/(kg · ℃)；

ρ——油密度（kg/m^3），850 ~ 900kg/m^3；

α_b——轴承的表面传热系数［W/(m^2 · ℃)，根据轴承的结构、尺寸和工作条件而定。轻型轴承及散热条件不好的轴承取 $\alpha_b=50$W/(m^2 · ℃)，中型轴承及一般条件下工作的轴承取 $\alpha_b=80$W/(m^2 · ℃)，重型轴承及散热条件良好的轴承取 $\alpha_b=140$W/(m^2 · ℃)；

Δt——润滑油的温升（℃），流出及流入轴承间隙的润滑油的温差；

t_i——油的入口温度，通常由于冷却设备的限制，取为 35 ~ 40℃。

5. 最小油膜厚度 h_{min}

为了建立滑动轴承完全的流体润滑，必须使最小油膜厚度满足

$$h_{min} = S(Rz_1 + Rz_2)$$

式中 Rz_1、Rz_2——轴颈和轴承孔微观不平度十点高度，对一般轴承，可分别取 Rz_1、Rz_2 值为 3.2μm、6.3μm 或 1.6μm、3.2μm，对重要轴承可取为 0.8μm、1.6μm，或 0.2μm、0.4μm；

S——安全系数，考虑表面几何形状误差和轴颈挠曲变形等，常取 $S \geqslant 2$。

6. 参数选择

（1）宽径比 B/d

宽径比越小，则轴承的宽度越小，有利于提高运转稳定性，增大端泄漏量以降低温升。但是同时，轴承承载力也随之降低，耗油量大。宽径比越大，轴承承载能力也越大，但温升高，且长轴颈易变形，制造、装配误差的影响也大，轴承端部边缘接触的可能性就大。一般轴承的宽径比 B/d 取 0.3～1.5。对于高速重载轴承，宽径比宜取小值；低速重载轴承，需要对轴有较大支承刚性，宽径比宜取大值；高速轻载轴承，转速高，温升大，如对轴承刚性无过高要求，可取小值；需要对轴有较大支承刚性的机床轴承，宜取较大值。各种常见机器宽径比 B/d 推荐值见表 11-33。

宽径比 B/d 的选择还与压强 p 的选择有很大关系，$p = F/Bd$，在满足 $p \leqslant [p]$ 的前提下，压强 p 选得大可相应减小轴承的尺寸，并可提高轴承运转的稳定性，如果 p 选得过大，则会使润滑油膜变薄，易破坏。

（2）相对间隙 ψ

是轴承设计中的一个重要参数，对承载能力 F、运转精度和温升值都是有影响的。

相对间隙 ψ 小，易形成流体油膜，且承载能力和回转精度高。但是 ψ 过小，则润滑油流量小，摩擦功耗大，温升高，最小油膜厚度过薄，油中微粒不易顺利通过，难以形成液体润滑，易刮伤表面或使微粒嵌入轴承衬中。

相对间隙 ψ 大，易增加楔形空间，带入油量增加，使温升减小。但相对间隙过大，易产生湍流，增加功率损耗。各种机器的相对间隙可参考表 11-34。

$$\psi = (0.6 \sim 1) \times 10^{-3} v^{0.25}$$

式中 v 为相对转速，单位为 m/s。

润滑油的黏度对轴承的承载能力、摩擦功耗和轴承温升有着不可忽视的影响。一般黏度较大时，轴承承载能力大，同时摩擦功耗和温升也大，这样又将导致润滑油黏度减少，而使承载能力降低，可见靠提高黏度来满足承载能力的方法是不可取的。

由于黏度和温度密切相关，在设计时要考虑到温升对黏度的影响来确定润滑油的黏度。设计时，可先假定轴承平均温度（一般取 $t_m = 50 \sim 75℃$），初选黏度，进行初步设计计算。最后再通过热平衡计算来验算轴承入口油温 t_i 是否在 35～40℃之间，否则应重新选择黏度再作计算。

对于一般轴承，也可按轴颈转速 n（r/min）先初估油的动力黏度，即

$$\eta' = \frac{(n/60)^{-1/3}}{10^{7/6}}$$

由上式计算相应的运动黏度 η'，选定平均油温 t_m，如表 11-43 所示，选定全损耗系统用油的牌号。然后查图 11-24，重新确定 t_m 时的运动黏度 ν_{t_m} 及动力黏度 η_{t_m}，最后再验算入口油温。

11.2.1.7　流体动压径向滑动轴承的设计计算实例

实例 1

一向心滑动轴承，受径向载荷 18000N，轴颈直径 150mm，轴承宽度 120mm，包角 180°，轴转速 1500r/min，入口温度 35℃，润滑油采用 32 号机械油，轴承直径间隙为 0.3mm，轴颈和轴瓦表面粗糙度 Rz 分别为 1.6μm 与 3.2μm。计算该轴承是否可获得流体动压润滑？

解：能否获得流体动压润滑主要应判断最小油膜厚度是否大于许用值（即最小油膜厚度处的表面不平度高峰不直接接触），即：

$$h_{\min} \geqslant [h_{\min}] = S(Rz_1 + Rz_2)$$

（1）计算临界最小油膜厚度 $[h_{\min}]$

$$[h_{\min}] = S(Rz_1 + Rz_2) = 2 \times (1.6 + 3.2)\text{mm} = 9.6\text{mm}$$

（2）计算最小油膜厚度 $h_{\min}$；

由公式 $h_{\min} = \dfrac{d}{2}\psi(1-\varepsilon)$进行计算。此处 ψ 可求，即：

$\psi = \dfrac{\delta}{r} = \dfrac{0.3/2}{150/2} = 0.002$，$d = 150\text{mm}$，关键在于求偏心率 ε。由图 11-21 所示动压径向滑动轴承 $S_0 - \varepsilon$ 可知：ε 由索氏数 S_0 及宽径比 B/d 来定，因此首先必须求索氏数 S_0。

初设润滑油平均温度 $t_m = 50℃$，查图 11-24，得知运动黏度 $\nu = 20\text{cSt}$，取油密度为 900kg/m^3，则该温度下的动力黏度为

$$\eta = \nu \cdot \rho = \frac{20}{10^6} \times 900\text{Pa} \cdot \text{s} = 0.018\text{Pa} \cdot \text{s}$$

$$v = \frac{\pi dn}{60 \times 1000} = \frac{\pi \times 150 \times 1500}{60 \times 1000}\text{m/s} = 11.78\text{m/s}$$

$$\omega = 2\pi n/60 = 2\pi \times 1500/60\text{rad/s} = 157\text{rad/s}$$

$$S_0 = \frac{F\psi^2}{Bd\eta\omega} = \frac{18000 \times 0.002^2}{0.12 \times 0.15 \times 0.018 \times 157} = 1.415$$

$B/b = 120/150 = 0.8$，查图 11-21 得 $\varepsilon = 0.67$，所以

$$h_{\min} = \frac{d}{2}\psi(1-\varepsilon) = \frac{150}{2} \times 0.002 \times (1 - 0.67)\text{mm} = 0.0495\text{mm} = 49.5\mu\text{m} > [h_{\min}] = 9.6\mu\text{m}$$

所以能形成流体动压润滑。

（3）求温升 Δt：

$\Delta t = \dfrac{\bar{\mu} p}{2c_p\rho \dfrac{d}{B}\overline{q_v} + \dfrac{\pi\alpha_b}{\psi v}}$ 式中的符号含义见参考文献［1］第 8 章。摩擦特性系数 $\bar{\mu}$ 由 $\varepsilon = 0.67$ 及 $B/d = 0.8$，查图 11－23 得：$\bar{\mu} \approx 3.5$。

流量系数$\overline{q_v}$：由 ε 及 B/d 查图 11-22 得：$\overline{q_v} \approx 0.068$。

平均压强 $p = \dfrac{F}{Bd} = \dfrac{18000}{120 \times 150}\text{MPa} = 1\text{MPa}$，油的比热容 c_p可查参考文献［1］：取 1900J/（kg·℃）。

轴承传热系数 α_b 取 75W/(m^2 · ℃)，将上述数据代入：

$$\Delta t = \frac{\bar{\mu} p}{2c_p \cdot \rho \cdot \frac{d}{B}\overline{q_v} + \frac{\pi\alpha_b}{\psi v}}$$

$$= \frac{3.5 \times 1 \times 10^6}{2 \times 1900 \times 900 \times \frac{0.15}{0.12} \times 0.068 + \frac{\pi \times 75}{0.002 \times 11.78}} ℃ = 12℃ < 75℃$$

所以热平衡条件满足。

实例 2

试设计一齿轮减速器的液体动力润滑向心滑动轴承。已知：径向载荷 $F = 30000N$，轴颈直径 $d = 120mm$，轴颈转速 $n = 1200r/min$。

解：

（1）确定轴承结构、选择材料、润滑油及公差配合

1）确定轴承结构形式：

采用剖分式结构，轴承包角 $\alpha = 180°$。

2）确定轴承结构参数：

取 $B/d = 1$，则轴承工作宽度 B 为

$B = 1 \times d = 1 \times 120mm = 120mm$

3）选择轴瓦材料：

计算轴承的 p、v 和 pv 值。根据 p、v 和 pv 值，查表 11-27，选用 11-6 锡锑轴承合金（ZSnSb11Cu6），其 $[p] = 25MPa$，$[v] = 80m/s$，$[pv] = 20MPa \cdot m/s$。轴颈系钢制，淬火精磨。

4）选定轴承相对间隙 ψ 和轴承配合公差：

速度 $v = \frac{\pi dn}{60 \times 1000} = \frac{\pi \times 120 \times 1200}{60 \times 1000} m/s = 7.54m/s$

$\psi = (0.6 \sim 1.0) \times 10^{-3} v^{0.25}$，取中值，即 $\psi = 0.8 \times 10^{-3} v^{0.25} = 0.8 \times 10^{-3} \times 7.54^{0.25} = 1.326 \times 10^{-3}$

取 $\psi = 1.4 \times 10^{-3}$，确定轴承直径间隙为

$$\Delta = \psi d = 0.0014 \times 120mm = 0.168mm$$

选定轴承配合公差时，应使所选配合的最小和最大配合间隙接近轴承的理论间隙 Δ。现选定配合为 $\phi 120 \frac{H7}{d7}$，则轴瓦孔径 $D = 120^{+0.035}_{0}$，轴颈直径 $d = 120^{-0.120}_{-0.155}$，最大间隙 $\Delta_{max} = 0.035 + 0.155 = 0.190mm$，最小间隙：$\Delta_{max} = (0 + 0.120)mm = 0.120mm$。

5）选定润滑油：

根据轴承的 $[p]$、$[v]$ 值，选用 L-AN32 机械油，取运动黏度 $\nu_{40} = 32cSt(32 \times 10^{-6} m^2/s)$，密度 $\rho = 900kg/m^3$，比热容 $c = 1800J/(kg \cdot ℃)$。

计算平均温度 t_m 下润滑油的动力黏度。取 $t_m = 50℃$，查得 50℃时，L-AN32 的运动黏度 $\nu_{50} = 19 \sim 22.6cSt$，取 $\nu_{50} = 19\ cSt(19 \times 10^{-6} m^2/s)$，得其动力黏度为

$$\eta_{50} = \rho\nu_{50} = 900 \times 19 \times 10^{-6} Pa \cdot s = 0.0171 Pa \cdot s$$

（2）承载能力计算

轴颈角速度 ω：$\omega=\dfrac{2\pi n}{60}=\dfrac{2\times3.1416\times1200}{60}\text{rad/s}=125.66\text{rad/s}$

轴承索氏数 S_0：$S_0=\dfrac{F\psi^2}{Bd\eta\omega}=\dfrac{30000\times0.0014^2}{0.12\times0.12\times0.0171\times125.66}=1.90$

根据 S_0 和 b/d 值查图 11-21，确定偏心率 $\varepsilon=0.696$。

（3）流量计算

由图 11-22 查得流量系数 $\bar{q}_v=0.075$（由 $\varepsilon=0.696$、$B/d=1$ 查得）。

轴承润滑油的体积流量：

$$q_v=\psi d^3\omega\,\bar{q}_v=1.4\times10^{-3}\times0.12^3\times125.66\times0.075\text{m}^3/\text{s}=22.8\times10^{-6}\text{m}^3/\text{s}$$

（4）功耗计算

摩擦特性系数 $\bar{\mu}$：由 $\varepsilon=0.696$、$B/d=1$、$\beta=180°$，查图 11-23，得 $\bar{\mu}\approx2.5$

摩擦因数 μ：$\mu=\psi\times\bar{\mu}$，$\mu=1.4\times10^{-3}\times2.5=3.5\times10^{-3}$

摩擦功耗 P_μ：

$$P_\mu=\mu F\cdot v=3.5\times10^{-3}\times30000\times7.54\text{W}=792\text{W}$$

（5）热平衡计算

轴承油温升 Δt：上面已经求出速度 $v=7.54\text{m/s}$

求压强 p：
$$p=\frac{F}{Bd}=\frac{30000}{120\times120}\text{MPa}=2.08\text{MPa}$$

求温升：

$$\Delta t=\frac{\bar{\mu}p}{2c_p\cdot\rho\cdot\dfrac{d}{B}\bar{q}_v+\dfrac{\pi\alpha_b}{\psi v}}$$
$$=\frac{2.5\times2.08\times10^6}{2\times1800\times900\times\dfrac{120}{120}\times0.075+\dfrac{\pi\times80}{0.0014\times7.54}}℃$$
$$=19.49℃$$

上式中：取导热系数 $a_b=80\text{J/(m}^2\cdot\text{s}\cdot℃)$

进口油温度　$t_1=t_m-\dfrac{\Delta t}{2}=\left(50-\dfrac{19.49}{2}\right)℃=40.255℃$（在 35～45℃之间）

出口油温度　$t_2=t_m+\dfrac{\Delta t}{2}=\left(50+\dfrac{19.49}{2}\right)℃=59.745℃<80℃$

进、出口油温均符合要求。

（6）安全度计算

计算最小油膜厚度 h_{min}：

$$h_{min}=\frac{d}{2}\psi(1-\varepsilon)=\frac{120}{2}\times0.0014\times(1-0.696)\text{mm}=0.026\text{mm}$$

选定和轴颈（精磨）、轴瓦（精车）表面粗糙度：

$Rz_1=1.6\mu\text{m}$，$Rz_2=3.2\mu\text{m}$，则

安全度：　$S=\dfrac{h_{\min}}{(Rz_1+Rz_2)\times10^{-6}}=\dfrac{0.026\times10^{-3}}{(1.6+3.2)\times10^{-6}}=5.4>2$

计算结果说明，具有上述参数的滑动轴承可以获得液体动力润滑。

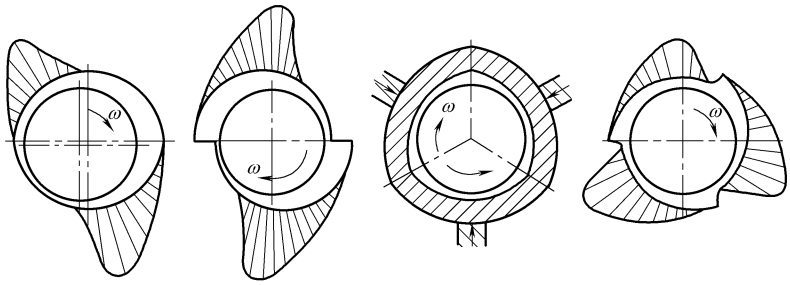
11.2.1.8　其他形式滑动轴承简介

除以上介绍的轴承外还有多油楔滑动轴承、液体静压轴承、气体轴承、磁悬浮轴承、自润滑轴承等。下面仅对多油楔滑动轴承和液体静压轴承进行介绍。

1. 多油楔滑动轴承

为了提高滑动轴承的工作稳定性和旋转精度，常把轴承做成多油楔轴承，如图 11-18 所示为常见的几种多油楔轴承：图 11-18a、b 为二油楔滑动轴承，图 11-18c、d 为三油楔滑动轴承。其中图 11-18b、d 只适用于单向旋转。三楔滑动轴承工作较稳定，单油楔滑动轴承易失稳。载荷越轻、转速越高，越易失稳。

多油楔轴承也可以做成活动瓦轴承，如图 11-19 所示。工作时活动的轴瓦可以随轴颈的位置不同而自动调整，以适应不同的载荷、速度、变形和倾斜，从而建立动压润滑油膜。



a)　　b)　　c)　　d)

图 11-18　多油楔径向滑动轴承

a）椭圆轴承　b）错位轴承　c）三油楔轴承（双向）　d）三油楔轴承（单向）

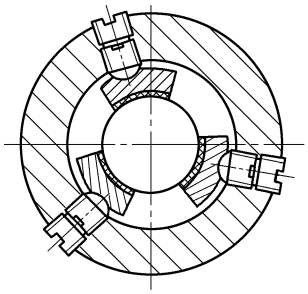


图 11-19　摆动瓦径向滑动轴承

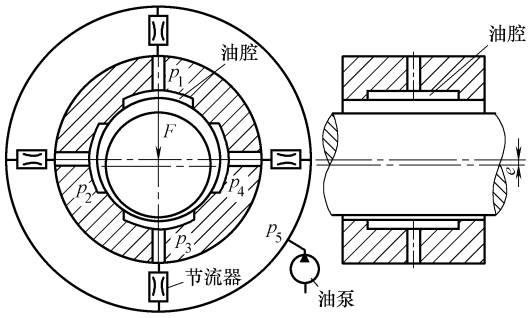


图 11-20　液体静压径向滑动轴承工作原理

2. 流体静压轴承

流体静压轴承是利用油泵将高压油输送到轴承的润滑表面，强制形成润滑油膜，靠静压平衡外载荷。工作原理如图 11-20 所示。这种轴承有以下特点：①轴提高供油压力就可以提高承载能力；②无论工作转速多低，都可以形成润滑油膜；③轴的转速不高时，摩擦因数极小。

11.2.2　设计标准及规范

11.2.2.1　常用材料及其性能（见表 11-27 ~ 表 11-32）

表 11-27　常用金属材料性能

材料类别	牌号（名称）	最大许用值①			最高工作温度/℃	轴颈硬度 HBW	性能比较②				备　注
		[p]/MPa	[v]/(m·s⁻¹)	[pv]/(MPa·m·s⁻¹)			抗咬粘性	顺应性嵌入性	耐蚀性	疲劳强度	
锡基轴承合金	ZSnSb11Cu6 ZSnSb8Cu4	平稳载荷 25	80	20	150	150	1	1	1	5	用于高速、重载下工作的重要轴承，变载荷下易于疲劳，价格昂贵
		冲击载荷 20	60	15							
铅基轴承合金	ZPbSb16Sn16Cu2	15	12	10	150	150	1	1	3	5	用于中速、中等载荷的轴承，不宜受显著冲击，可作为锡锑轴承合金的代用品
	ZPbSb15Sn5Cu3Cd2	5	8	5							
锡青铜	ZCuSn10Pb（10-1 锡青铜）	15	10	15	280	300 ~ 400	3	5	1	1	用于中速、重载及受变载荷的轴承
	ZCuSn5Pb5Zn5（5-5-5 锡青铜）	8	3	15							用于中速、中载的轴承
铅青铜	ZCuPb30（30 铅青铜）	25	12	30	280	300	3	4	4	2	用于高速、重载轴承、能承受变载和冲击
	ZCuAl10Fe3（10-3 铝青铜）	15	4	12	280	300	5	5	5	2	最宜用于润滑充分的低速重载轴承
黄铜	ZCuZn16Si4（16-4 硅黄铜）	12	2	10	200	200	5	5	1	1	用于低速、中载轴承
	ZCuZn40Mn2（40-2 锰黄铜）	10	1	10	200	200	5	5	1	1	用于高速、中载轴承，是较新的轴承材料，强度高、耐腐蚀、表面性能好。可用于增压强化柴油机轴承
铝基轴承合金	2% 铝锡合金	28 ~ 35	14	—	140	300	4	3	1	2	
三元电镀合金	铅-硅-镉镀层	14 ~ 35	—	—	170	200 ~ 300	1	2	2	2	镀铅锡青铜作中间层，再镀 10 ~ 30μm 三元减摩层，疲劳强度高，嵌入性好
银	镀层	28 ~ 35	—	—	180	300 ~ 400	2	3	1	1	镀银、上附薄层铅，再镀铟，常用于飞机发动机、柴油机轴承
耐磨铸铁	HT300	0.1 ~ 6	3 ~ 0.75	0.3 ~ 4.5	150	<150	4	5	1	1	宜用于低速、轻载的不重要轴承，价格低
灰铸铁	HT150 ~ HT250	1 ~ 4	2 ~ 0.5	—	—	—	4	5	1	1	

① [pv] 为不完全液体润滑下的许用值。
② 性能比较：1 ~ 5 依次由佳到差。

表 11-28　推力滑动轴承的材料及其 [p]、[pv] 值

轴(轴环端面、凸缘)	轴承	[p]/MPa	[pv]/(MPa·m·s⁻¹)
未淬火钢	铸　铁	2.0 ~ 2.5	1 ~ 2.5
	青　铜	4.0 ~ 5.0	
	轴承合金	5.0 ~ 6.0	
淬火钢	青　铜	7.5 ~ 8.0	1 ~ 2.5
	轴承合金	8.0 ~ 9.0	

表 11-29 常用非金属轴瓦材料的许用值

轴瓦材料	最大许用值			最高工作温度/℃	备注
	[p]/MPa	[v]/(m·s⁻¹)	[pv]/(MPa·m·s⁻¹)		
酚醛塑料	41	13	0.18	120	由棉织物、石棉等填料经酚醛树脂粘结而成。抗咬合性好，强度、抗振性也极好，能耐酸碱，导热性差，重载时需用水或油充分润滑，易膨胀，轴承间隙宜取大些
尼龙	14	3	0.11(0.05m/s) 0.09(0.5m/s)	90	摩擦因数低，耐磨性好，无噪声。金属瓦上覆以尼龙薄层，能承受中等载荷。加入石墨、二硫化钼等填料可提高其机械性能、刚性和耐磨性。加入耐热成分的尼龙可提高工作温度

表 11-30 常用含油轴承轴瓦材料的物理、力学特性

轴瓦材料			牌号	含油密度 ρ/(g·cm⁻³)	油体积分数(%)	线胀系数 α/(10⁻⁶·℃⁻¹)	热导率 λ/(W·m⁻¹·K⁻¹)	弹性模量 E/GPa	径向抗压强度 R_{mc}/MPa	表观硬度 HBW
粉末冶金	铁基	铁	FZ11060	5.7~6.2	≥18	11~12	41.9~125.6	80~100	>196	30~70
			FZ11065	>6.2~6.6	≥12				>245	40~80
		铁-石墨	FZ1260	5.7~6.2	≥18				>245	50~100
			FZ1265	>6.2~6.6	≥12				>294	60~110
		铁-碳-铜	FZ1360	5.7~6.2	≥18				>343	60~110
			FZ1365	>6.2~6.6	≥12				>392	70~120
		铁-铜	FZ1460	5.8~6.3	≥18				>294	50~100
			FZ1465	>6.3~6.7	≥12				>343	60~110
	铜基	铜-锡-锌-铅	FZ2170	6.6~7.2	≥18	16~18	41.9~58.6	60~70	>147	20~50
			FZ2175	>7.2~7.8	≥12				>196	30~60
		铜-锡	FZ2265	6.2~6.8	≥18				>147	25~55
			FZ2270	>6.8~7.4	≥12				>196	35~65
		铜-锡-铅	FZ2365	6.3~6.9	≥18				>147	20~50

注：粉末冶金含油轴承轴瓦材料的性能中除线胀系数、热导率和弹性模量外，摘自 GB/T 2688—2012。

表 11-31 含油轴承常用粉末冶金材料及其基本性能

轴瓦材料		牌号	含油率(%)	表观硬度 HBW	最大许用载荷[p]/MPa 线速度 v/(m·s⁻¹) ~0.10	>0.10~0.25	>0.25~0.50	>0.50~1.00	>1.00~1.50
铁基	铁	FZ11060	≥18	30~70	15.30	15.92	7.34	7.50	5.17
		FZ11065	≥12	40~80					
	铁-石墨	FZ1260	≥18	50~100					
		FZ1265	≥12	60~110					
	铁-碳-铜	FZ13158	≥18	60~110					
		FZ13162	≥12	70~120					
	铁-铜	FZ14058	≥18	50~100					
		FZ14062	≥12	60~100					
铜基	铜-锡-铅-锌	FZ21070	≥18	20~50	8.20	12.20	7.36	6.53	4.81
		FZ21075	≥12	30~60					
	铜-锡	FZ22066	≥18	25~55					
		FZ22070	≥12	35~65					
	铜-锡-铅	FZ23065	≥18	20~50					

注：含油率为体积分数。

表 11-32　轴瓦材料的物理性能

轴瓦材料	抗拉强度 R_m/MPa	弹性模量 E/GPa	密度 ρ/(kg·m^{-3})	热导率 λ/(W·m^{-1}·℃$^{-1}$)	线胀系数 α/(10^{-6}℃$^{-1}$)
锡基轴承合金	80～90	48～57	7300～7380	33.5～38.5	23.1
铅基轴承合金	60～80	29	9300～10200	20.9～25.1	24.0～28.0
铜基轴承合金	150～680	75～120	7600～9000	27～71	16～19
铝基轴承合金	100～250	71	2650～2900	184～210	23.0～24.0
耐磨铸铁	200～350	—	—	—	—
铁基粉末冶金	200～400②	80～100	5700～6700④	41.9～125.6	11～12
铜基粉末冶金	150～200②	60～70	6200～7800④	41.9～58.6	16～18
酚醛层压材	150～250②	7.0	1300～1600	0.38	80/25①
聚酰胺(尼龙)	73.6～175②	2.8	1030～1700	0.04～0.26	80～170
均聚甲醛	80.6～82.0②	3.1	1420～1540	0.23	14～58
聚苯硫醚	127～183②	—	1340	0.29	54
聚酰亚胺	124～276②	—	1430～1650	0.33～2.22	23～63
聚醚醚酮		1.0	1320～1470	—	9～15
聚四氟乙烯	4.9～22.6②	0.4～1.1	2180～3920	0.26～0.33	116/14③
石墨	40～200②	4～28	1500～2400	11～126	1.4～20.0
木材	8	12	680	0.19	5
橡胶	—	—	1200	0.16	77

① 分子为垂直瓦面的值，分母为沿瓦面的值。
② 为抗压强度。
③ 分子为增强后的值，分母为未增强的值。
④ 为含油密度。

11.2.2.2　常用设计参数（见表 11-33～表 11-38）

表 11-33　各种常见机器宽径比 B/d 推荐参考值

机器	轴承或销	B/d	机器	轴承或销	B/d
汽车及航空活塞发动机	曲轴主轴承	0.75～1.75	柴油机	曲轴主轴承	0.6～2.0
	连杆轴承	0.75～1.75		连杆轴承	0.6～1.5
	活塞销	1.5～2.2		活塞销	1.5～2.0
空气压缩机及往复式泵	主轴承	1.0～2.0	电动机	主轴承	0.6～1.5
	连杆轴承	1.0～1.25	机床	主轴承	0.8～1.2
	活塞销	1.2～1.5	剪床	主轴承	1.0～2.0
铁路车辆	轮轴支承	1.8～2.0	起重设备		1.5～2.0
汽轮机	主轴承	0.4～1.0	齿轮减速器		1.0～2.0

表 11-34　各种机器的相对间隙参考值 ψ

机器名称	相对间隙 ψ	机器名称	相对间隙 ψ
汽轮机、电动机、发电机	0.001～0.002	机床、内燃机	0.0002～0.001
轧钢机、铁路机车	0.0002～0.0015	风机、离心泵、齿轮变速装置	0.001～0.003

表 11-35　轴承允许的极限压力 p_{lim}

轴瓦材料	铅和锡基合金	铜铅基合金	铜锡基合金	铝锡基合金	铝锌基合金
p_{lim}/MPa	5(15)	7(20)	7(25)	7(18)	7(20)

注：括号中的数值仅用于个别场合和一些特殊条件，如极低的滑动速度。

表 11-36 相对间隙的选取

影响因素	轴瓦材料	载荷大小	载荷方向	圆周速度	宽径比	支座结构	发热量	轴颈与轴瓦的硬度差	表面粗糙度参数	加工精度
选较小的 ψ	软、弹性模量较小，如锡锑合金、铅锑合金	高	旋转	低	≤0.8	调心	小	≥100HBW	小	高
选较大的 ψ	硬、弹性模量较大，如铜基合金	低	静止	高	>0.8	刚性	大	<100HBW	大	低

表 11-37 各种金属轴瓦材料适宜的相对间隙

轴瓦材料	锡锑合金	铅锑合金	铜基合金	铸造铜基合金	铜铅合金	铝基合金	铸铁
ψ	0.0004～0.001	0.0005～0.001	0.001～0.0045	0.001～0.0025	0.0005～0.002	0.0007～0.003	0.002～0.003

表 11-38 滑动轴承设计参考数据

机器名称	轴承形式	许用压力 $[p]$/MPa	许用速度 $[v]$/(m·s^{-1})	许用 pv 值 $[pv]$/(MPa·m·s^{-1})	适宜黏度 η/Pa·s	$(\eta n/p)_{min}$ /10^{-9}	相对间隙 ψ	宽径比 B/d
金属切削机床	主轴承	0.5～5.0	—	1～5	0.04	2.5	<0.001	1～3
传动装置	轻载轴承 重载轴承	0.15～0.30 0.5～1.0	—	1～2	0.025～0.06	230 66	0.001	1～2
减速器	各轴轴承	0.5～4.0	1.5～6.0	3～20	0.03～0.05	83	0.001	1～3
轧钢机	主轴承	5～30	0.5～30	50～80	0.05	23	0.0015	0.8～1.5
冲压机、剪床	主轴承 曲柄轴承	28 55	—	—	0.1	—	0.001	1～2
铁路车辆	货车轴承 客车轴承	3～5 3～4	1～3	10～15	0.1	116	0.001	1.4～2.0
发电机、电动机、离心压缩机	转子轴承	1～3	—	2～3	0.025	416	0.0013	0.8～1.5
汽轮机	主轴承	1～3	5～60	85	0.002～0.016	250	0.001	0.8～1.25
活塞式压缩机和泵	主轴承 连杆轴承 活塞销轴承	2～10 4～10 7～13	—	2～3 3～4 5	0.03～0.08	66 46 23	0.001 <0.001 <0.001	0.8～2.0 0.9～2.0 1.5～2.0
精纺机	锭子轴承	0.01～0.02	—	—	0.002	25000	0.005	—
汽车发动机	主轴承 连杆轴承 活塞销轴承	6～15 6～20 18～40	6～8 6～8 —	>50 >80 —	0.007～0.008	33 23 16	0.001 0.001 <0.001	0.35～0.7 0.5～0.8 0.8～1.0
航空发动机	主轴承 连杆轴承(排形) 连杆轴承(星形) 活塞销轴承	12～22 13～20 20～26 50～85	8～10 8～10 8～10 —	>80 >100 >100 >100	0.007～0.008	36 23 23 18	0.001 0.001 0.001 <0.001	0.4～0.6 0.7～1.0 0.7～1.0 0.8～0.9
2 冲程柴油机	主轴承 连杆轴承 活塞销轴承	5～9 7～10 9～13	1～5 1～5 —	10～15 15～20 —	0.02～0.065	58 28 23	0.001 <0.001 <0.001	0.6～0.75 0.5～1.0 1.5～2.0
4 冲程柴油机	主轴承 连杆轴承 活塞销轴承	6～13 12～15 15～20	1～5	15～20 20～30 —	0.02～0.065	47 23 12	0.001 <0.001 <0.001	0.45～0.9 0.5～0.8 1～2

11.2.2.3　流体动压径向滑动轴承的 S_0-ε 曲线图（见图 11-21）

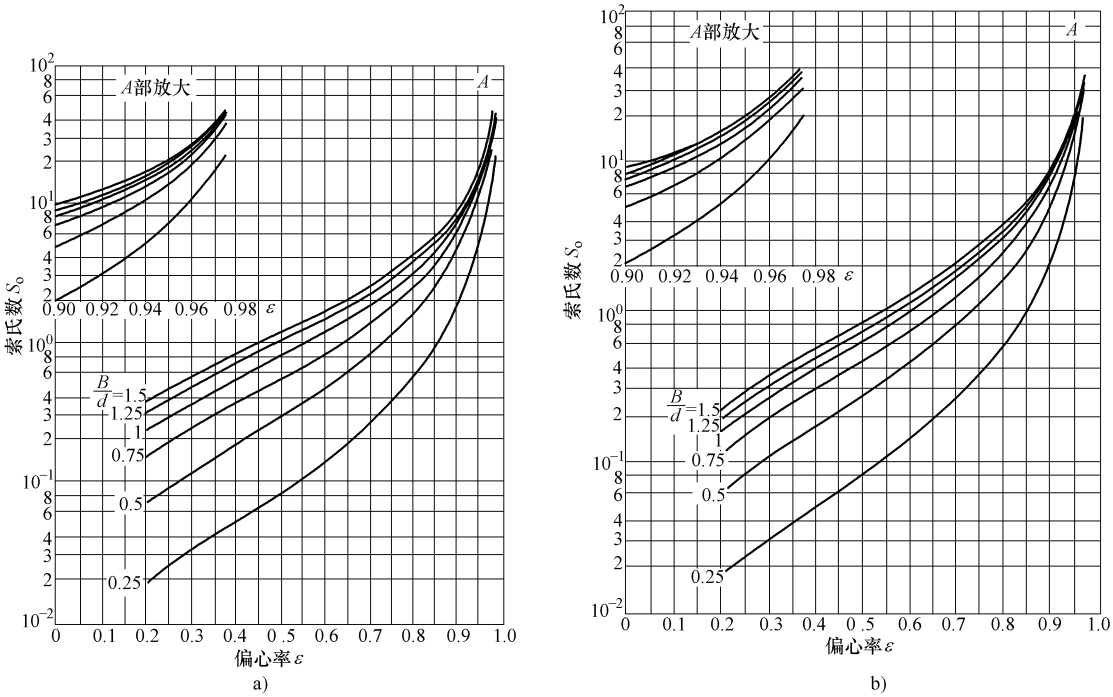


图 11-21　流体动压径向滑动轴承 S_0-ε 曲线

a）轴承包角 $\beta=180°$　b）轴承包角 $\beta=120°$

11.2.2.4　流体动压径向滑动轴承的流量系数 $\bar{q}_v$（见图 11-22）

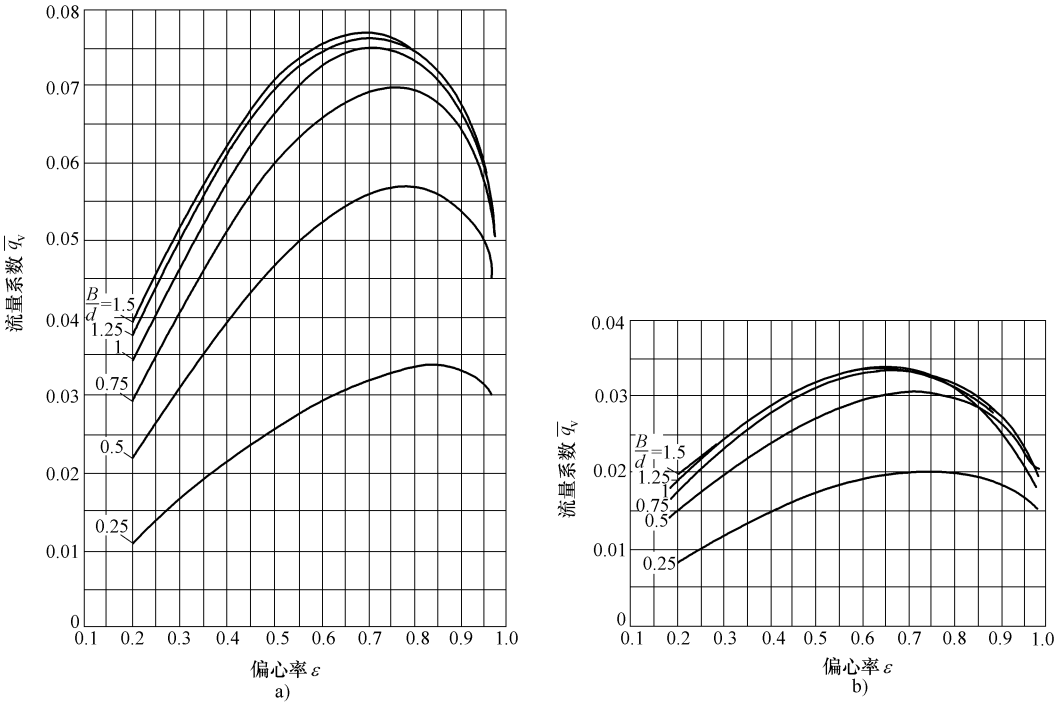


图 11-22　流体动压径向滑动轴承的流量系数 $\bar{q}_v$

a）$\beta=180°$　b）$\beta=120°$

11.2.2.5　流体动压径向滑动轴承的摩擦特性系数 $\bar{\mu}$（见图 11-23）

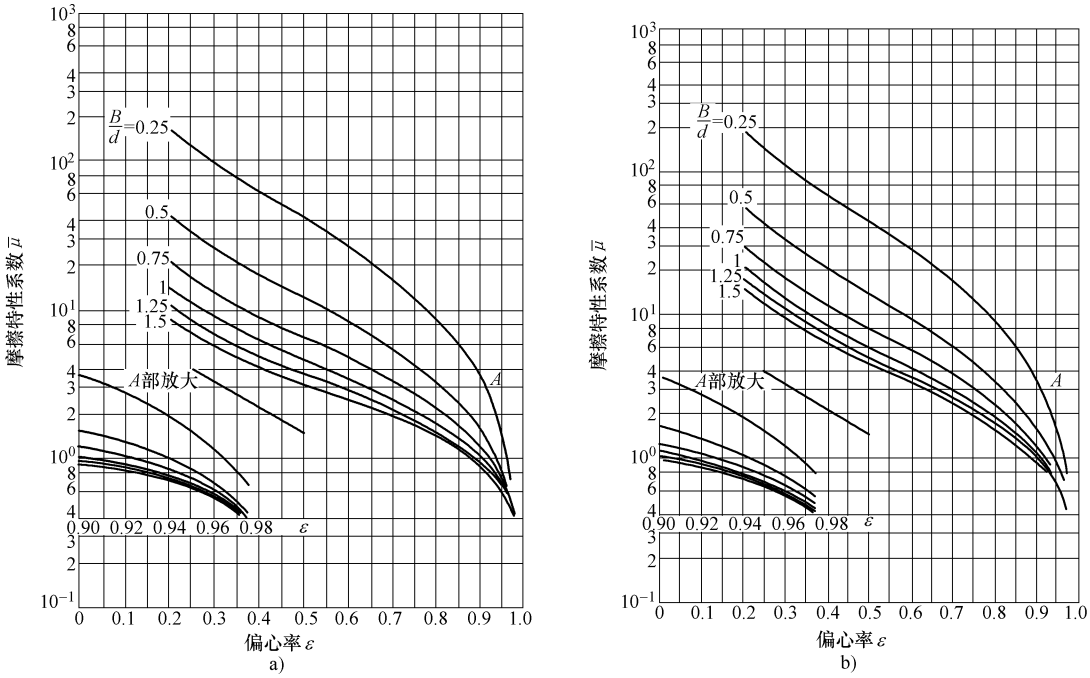
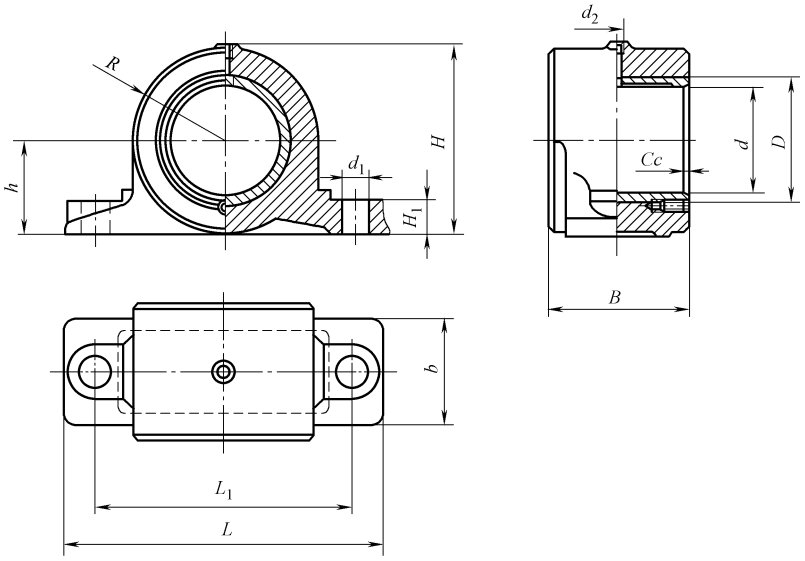


图 11-23　流体动压径向滑动轴承的摩擦特性系数 $\bar{\mu}$

a）$\beta=180°$　b）$\beta=120°$

11.2.2.6　滑动轴承座的结构尺寸（见表 11-39 ~ 表 11-42）

表 11-39　整体有衬正滑动轴承座形式与尺寸（JB/T 2560—2007）　　（mm）



标记示例

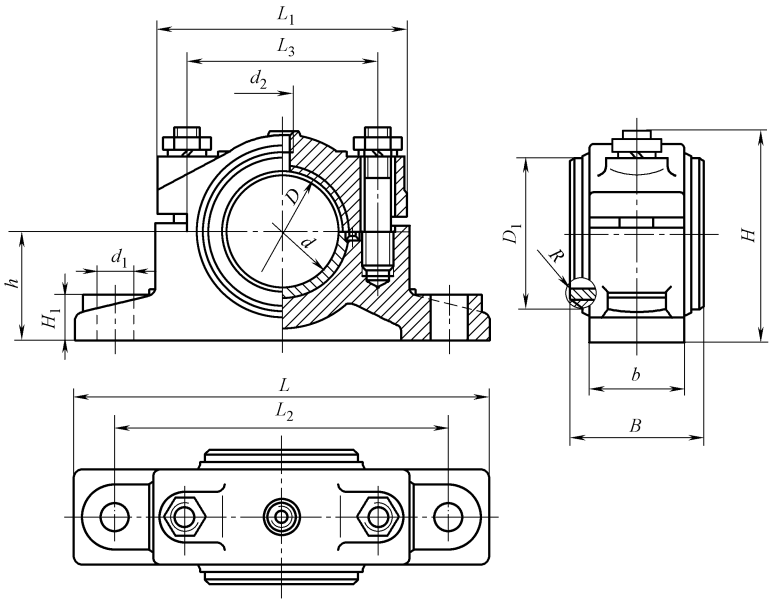
HZ 030　轴承座 JB/T 2560—2007

（续）

型号	d H8	D	R	B	b	L	L_1	$H\approx$	h h12	H_1	d_1	d_2	c	质量 ≈/kg
HZ020	20	28	26	30	25	105	80	50	30	14	12	M10×1	1.5	0.6
HZ025	25	32	30	40	35	125	95	60	35	16	14.5	M10×1	1.5	0.9
HZ030	30	38	30	50	40	150	110	70	35	20	18.5	M10×1	1.5	1.7
HZ035	35	45	38	55	45	160	120	84	42	20	18.5	M10×1	2.0	1.9
HZ040	40	50	40	60	50	165	125	88	45	20	18.5	M10×1	2.0	2.4
HZ045	45	55	45	70	60	185	140	90	50	25	24	M10×1	2.0	3.6
HZ050	50	60	45	75	65	185	140	100	50	25	24	M10×1	2.0	3.8
HZ060	60	70	55	80	70	225	170	120	60	30	28	M14×1.5	2.5	6.5
HZ070	70	85	65	100	80	245	190	140	70	30	28	M14×1.5	2.5	9.0
HZ080	80	95	70	100	80	255	200	155	80	30	28	M14×1.5	2.5	10.0
HZ090	90	105	75	120	90	285	220	165	85	40	35	M14×1.5	3.0	13.2
HZ100	100	115	85	120	90	305	240	180	90	40	35	M14×1.5	3.0	15.5
HZ110	110	125	90	140	100	315	250	190	95	40	35	M14×1.5	3.0	21.0
HZ120	120	135	100	150	110	370	290	210	105	45	42	M14×1.5	3.0	27.0
HZ140	140	160	115	170	130	400	320	240	120	45	42	M14×1.5	3.0	38.0

注：轴承座壳体和轴套可单独订货，但需要在订货时说明。

表 11-40　对开式二螺柱滑动轴承座形式与尺寸（JB/T 2561—2007）　　（mm）



标记示例

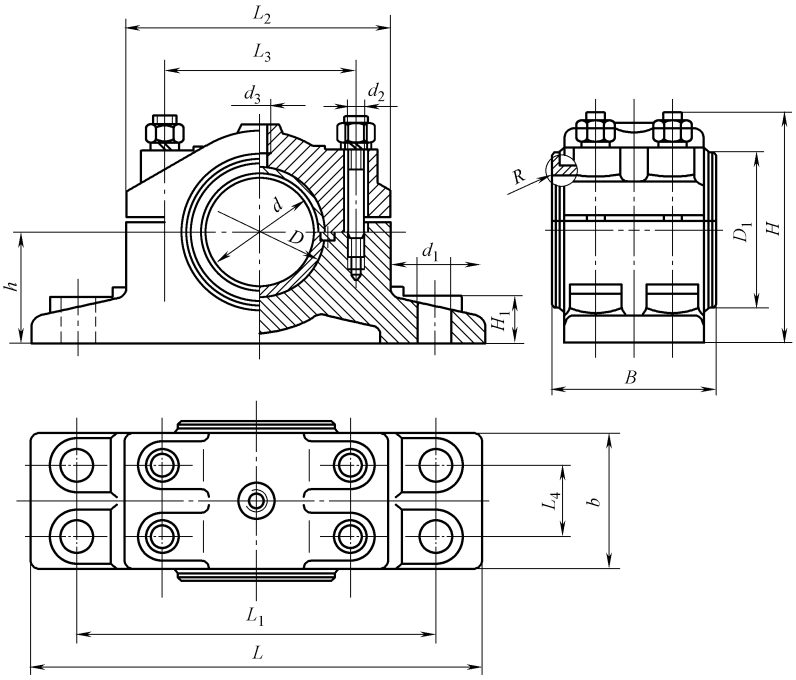
H　2050　轴承座　JB/T 2561—2007（d = 50mm 的对开式二螺柱滑动轴承座）

型号	d H8	D	D_1	B	b	$H\approx$	h h12	H_1	L	L_1	L_2	L_3	d_1	d_2	R	质量 ≈/kg
H2030	30	38	48	34	22	70	35	15	140	85	115	60	10	M10×1	1.5	0.8
H2035	35	45	55	45	28	87	42	18	165	100	135	75	12	M10×1	2.0	1.2
H2040	40	50	60	50	35	90	45	20	170	110	140	80	14.5	M10×1	2.0	1.8
H2045	45	55	65	55	40	100	50	20	175	110	145	85	14.5	M10×1	2.0	2.3

（续）

型号	d H8	D	D_1	B	b	$H\approx$	h h12	H_1	L	L_1	L_2	L_3	d_1	d_2	R	质量 ≈/kg
H2050	50	60	70	60	40	105	50	25	200	120	160	90	18.5	M10×1	2.0	2.9
H2060	60	70	80	70	50	125	60	25	240	140	190	100	24	M14×1.5	2.5	4.6
H2070	70	85	95	80	60	140	70	30	260	160	210	120	24	M14×1.5	2.5	7.0
H2080	80	95	110	95	70	160	80	35	290	180	240	140	28	M14×1.5	2.5	10.5
H2090	90	105	120	105	80	170	85	35	300	190	250	150	28	M14×1.5	3.0	12.5
H2100	100	115	130	115	90	185	90	40	340	210	280	160	35	M14×1.5	3.0	17.5
H2110	110	125	140	125	100	190	95	40	350	220	290	170	35	M14×1.5	3.0	19.5
H2120	120	135	150	140	110	205	105	45	370	240	310	190	35	M14×1.5	3.0	25.0
H2140	140	160	175	160	120	230	120	50	390	260	330	210	35	M14×1.5	4	33.5
H2160	160	180	200	180	140	250	130	50	410	280	350	230	35	M14×1.5	4	45.5

表 11-41　对开式四螺柱正滑动轴承座形式与尺寸（JB/T 2562—2007）　　（mm）



标记示例

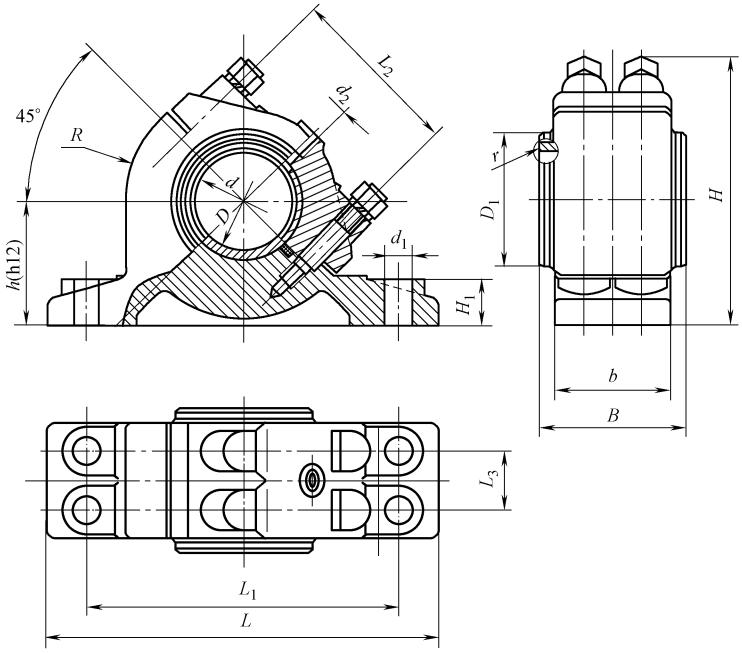
H4100　轴承座 JB/T 2562—2007（d = 100mm 的对开四螺柱正滑动轴承座）

型号	d H8	D	D_1	B	b	$H\approx$	h h12	H_1	L	L_1	L_2	L_3	L_4	d_1	d_2	R	质量 ≈/kg
H4050	50	60	70	75	60	105	50	25	200	160	120	90	30	14.5	M10×1	2.5	4.2
H4060	60	70	80	90	75	125	60	25	240	190	140	100	40	18.5	M10×1	2.5	6.5
H4070	70	85	95	105	90	135	70	30	260	210	160	120	45	18.5	M14×1.5	2.5	9.5
H4080	80	95	110	120	100	160	80	35	290	240	180	140	55	24	M14×1.5	2.5	14.5
H4090	90	105	120	135	115	165	85	35	300	250	190	150	70	24	M14×1.5	3	18.0
H4100	100	115	130	150	130	175	90	40	340	280	210	160	80	24	M14×1.5	3	23.0
H4110	110	125	140	165	140	185	95	40	350	290	220	170	85	24	M14×1.5	3	30.0
H4120	120	135	150	180	155	200	105	40	370	310	240	190	90	28	M14×1.5	3	41.5

（续）

型号	d H8	D	D_1	B	b	$H\approx$	h h12	H_1	L	L_1	L_2	L_3	L_4	d_1	d_2	R	质量 ≈/kg
H4140	140	160	175	210	170	230	120	45	390	330	260	210	100	28	M14×1.5	4	51.0
H4160	160	180	200	240	200	250	130	50	410	350	280	230	120	28	M14×1.5	4	59.5
H4180	180	200	220	270	220	260	140	50	460	400	320	260	140	35	M14×1.5	4	73.0
H4200	200	230	250	300	245	295	160	55	520	440	360	300	160	42	M14×1.5	5	98.0
H4220	220	250	270	320	265	360	170	60	550	470	390	330	180	42	M14×1.5	5	125.0

表 11-42　对开式四螺柱斜滑动轴承座形式与尺寸（JB/T 2563—2007）　　（mm）



标记示例

HX080　轴承座　JB/T 2563—2007（d = 80mm 的对开四螺柱斜滑动轴承座）

型号	d H8	D	D_1	B	b	$H\approx$	h h12	H_1	L	L_1	L_2	L_3	R	d_1	d_2	r	质量 ≈/kg
HX050	50	60	70	75	60	140	65	25	200	160	90	30	60	14.5	M10×1	2.5	5.10
HX060	60	70	80	90	75	160	75	25	240	190	100	40	70	18.5	M10×1	2.5	8.10
HX070	70	85	95	105	90	185	90	30	260	210	120	45	80	18.5	M14×1.5	2.5	12.50
HX080	80	95	110	120	100	215	100	35	290	240	140	55	90	24	M14×1.5	2.5	17.50
HX090	90	105	120	135	115	225	105	35	300	250	150	70	95	24	M14×1.5	3	21.0
HX100	100	115	130	150	130	175	115	40	340	280	160	80	105	24	M14×1.5	3	29.50
HX110	110	125	140	165	140	250	120	40	350	290	170	85	110	24	M14×1.5	3	32.50
HX120	120	135	150	180	155	260	130	40	370	310	190	90	120	28	M14×1.5	3	40.5
HX140	140	160	715	210	170	275	140	45	390	330	210	100	130	28	M14×1.5	4	53.50
HX160	160	180	200	240	200	300	150	50	410	350	230	120	140	28	M14×1.5	4	76.50
HX180	180	200	220	270	220	375	170	50	460	400	260	140	160	35	M14×1.5	4	94.0
HX200	200	230	250	300	245	425	190	55	520	440	300	160	180	42	M14×1.5	5	120.0
HX220	220	250	270	320	265	440	205	60	550	470	330	180	195	42	M14×1.5	5	140.0

11.2.2.7　常用润滑参数及润滑装置（见表 11-43 ~ 表 11-51、图 11-24）

表 11-43　常用工业用润滑油的性能和用途

类别	品种代号	牌号	运动黏度 /($mm^2 \cdot s^{-1}$)	闪点不低于/℃	倾点不低于/℃	主要性能和用途	说明
工业闭式齿轮油	L-CKB 抗氧化防锈工业齿轮油	46 68 100 150 220 320	41.4 ~ 50.6 61.2 ~ 74.8 90 ~ 110 135 ~ 165 198 ~ 242 288 ~ 352	180 200	-8	具有良好的抗氧化性、抗腐蚀性、抗浮化性等性能，适用于齿面应力在 500MPa 以下的一般工业闭式具体化传动的润滑	L-润滑剂类
	L-CKC 中载荷工业齿轮油	68 100 150 220 320 460 680	61.2 ~ 74.8 90 ~ 110 135 ~ 165 198 ~ 242 288 ~ 352 414 ~ 506 612 ~ 748	180 200	-8 -5	具有良好的极压抗磨和抗氧化性，适用冶金、矿山、机械行业的中载荷（500 ~ 1000MPa）	
	L-CKD 重载荷工业齿轮油	100 150 220 320 460 680	90 ~ 110 135 ~ 165 198 ~ 242 288 ~ 352 414 ~ 506 612 ~ 748	180 200	-8 -5	具有更好的极压抗磨性、抗氧化性，适用于矿山、冶金、机械、化工等行业的重载荷齿轮传动装置	
主轴油	主轴油（SH/T 0017—1990）	N2 N3 N5 N7 N10 N15 N12	2.0 ~ 2.4 2.9 ~ 3.5 4.2 ~ 5.1 6.2 ~ 7.5 9.0 ~ 11.0 13.5 ~ 16.5 19.8 ~ 24.2	60 70 80 90 100 110 120	凝点不高于 -15	主要适用于精密机床主轴轴承的润滑及以油雾润滑为润滑方式的滑动轴承和滚动轴承的润滑。N10 可作为普通轴承用油和缝纫机用油	SH 为石油化工行业标准
全损耗系统用油	L-AN 全损耗系统用油（GB 443—1989）	5 7 10 15 22 32 46 68 100 150	4.14 ~ 5.06 6.12 ~ 7.48 9.00 ~ 11.00 13.5 ~ 16.5 19.8 ~ 24.2 28.8 ~ 35.2 41.4 ~ 50.6 61.2 ~ 74.8 90.0 ~ 110 135 ~ 165	80 110 130 150 160 180	-5	不加或加少量添加剂，质量不高，适用于一次性润滑和某些要求较低、换油周期较短的油浴式润滑	全损耗系统用油包括 L-AN 全损耗系统油（原机械油）和车轴油（铁道机车车辆车轴油）

注：1. 压力大，速度低，工作温度高时，应选用黏度较高的润滑油。
2. 滑动速度高时，容易形成油膜，为减少摩擦应该选用黏度较低的润滑油。
3. 加工粗糙或未经跑合的表面，应选用黏度较高的润滑油。
4. 轴承间隙大，不易形成油膜，且端泄大，应选较高黏度的润滑油。
5. 轴承宽径比大，端泄小，应选黏度低的润滑油，轴承宽径比与润滑油的黏度约成反比关系。

流体动压润滑推力轴承的计算方法类似，此处略。

表 11-44　工业用润滑油黏度牌号及相应的黏度值　（mm^2/s）

黏度牌号	40℃运动黏度中心值	40℃运动黏度范围	黏度牌号	40℃运动黏度中心值	40℃运动黏度范围
2	2.2	1.98～2.42	68	68	61.2～74.8
3	3.2	2.88～3.52	100	100	90.0～110
5	4.6	4.14～5.06	150	150	135～165
7	6.8	6.12～7.48	220	220	198～242
10	10	9.00～11.0	320	320	288～352
15	15	13.5～16.5	460	460	414～506
22	22	19.8～24.2	680	680	612～748
32	32	28.8～35.2	1000	1000	900～1100
46	46	41.4～50.6	1500	1500	1350～1650

表 11-45　不完全润滑径向滑动轴承润滑剂选择

工作温度/℃	速度 v/($m \cdot s^{-1}$)	润滑脂		润滑油	
		种类	锥入度	种类	v_{all}/($mm^2 \cdot s^{-1}$)
<60	<0.5 >0.5	钙基润滑脂	265～340 335～385	含摩擦改进剂的矿物油	68 32
60～130	<0.5 >0.5	以高黏度指数矿物油为基础油,含抗氧添加剂的烃基脂;锂基润滑脂	220～250	含抗氧化添加剂的矿物油	130 68
>130		含硅油的膨润土基脂	220～250	含抗氧化添加剂的合成油	130

表 11-46　润滑剂的供给方法

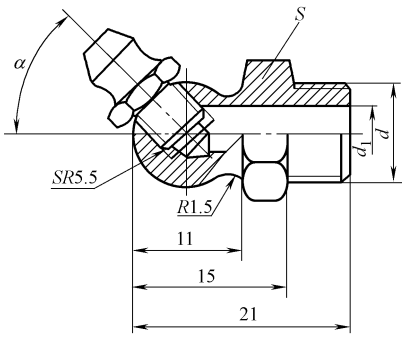
油　润　滑

供给方法	主要特性	应　　用
手工加油	非自动、不规则的,原始成本低而维护成本高	低速、廉价的轴承
滴油或油绳供油	非自动、可调节的,中等有效,价廉	低速、不重要的轴承
油环或油盘供油	自动、有效、可靠、价廉,主要用于水平轴	$p \leqslant 1.7MPa$、$v \leqslant 1.0m/s$ 的泵、风扇、大型电动机的轴承
油池或溅油供油	自动、有效、可靠,需要不漏油的壳体,最初成本高	一般用途轴承、推力轴承、机床轴承
压力供油	自动、准确可调、有效、可靠,最初成本高	高速、重载轴承,如机床、发动机、压缩机等

脂　润　滑

供给方法	主要特性	应　　用
供脂方法	适用锥入度等级	供脂量/($cm^3 \cdot h^{-1}$)
脂枪压入	0～3	$4d \times 10^{-2}$ d——轴颈直径(m)
压力脂杯	0～5	
集中润滑	0～2	
油池润滑	≥6	

表 11-47　接头式压注油杯（摘自 JB/T 7940.2—1995）（mm）



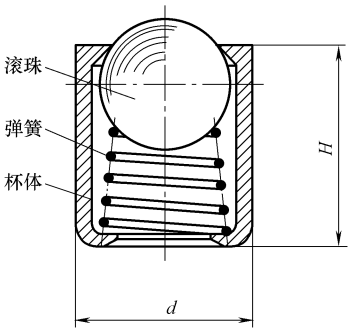
d	d_1	a	S		直通式压注油杯(按 JB/T 7940.1—1995)
			公称尺寸	极限偏差	
M6 M8×1 M10×1	3 4 5	45°,90°	11	0 -0.22	M6

标记示例

连接螺纹 M10×1、45°接头式压注油杯的标记为

油杯 45°M10×1 JB/T 7940.2

表 11-48　压配式压注油杯（摘自 JB/T 7940.4—1995）　　（mm）



d 公称尺寸	d 极限偏差	H	钢球（按 GB/T 308—2002）
6	+0.040 +0.028	6	4
8	+0.049 +0.034	10	5
10	+0.058 +0.040	12	6
16	+0.063 +0.045	20	11
25	+0.085 +0.064	30	13

标记示例

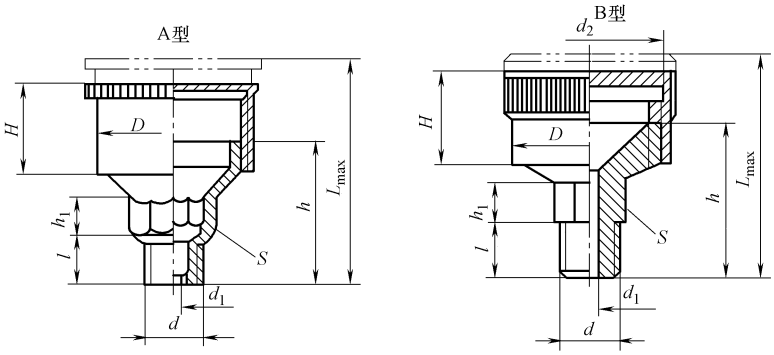
$d=6$mm，压配式压注油杯标记为

油杯 6　JB/T 7940.4

注：1. 与 d 相配孔的极限偏差按 H8 取。

2. 本表适用于机械设备上润滑油的注油杯。

表 11-49　旋盖式油杯（摘自 JB/T 7940.3—1995）



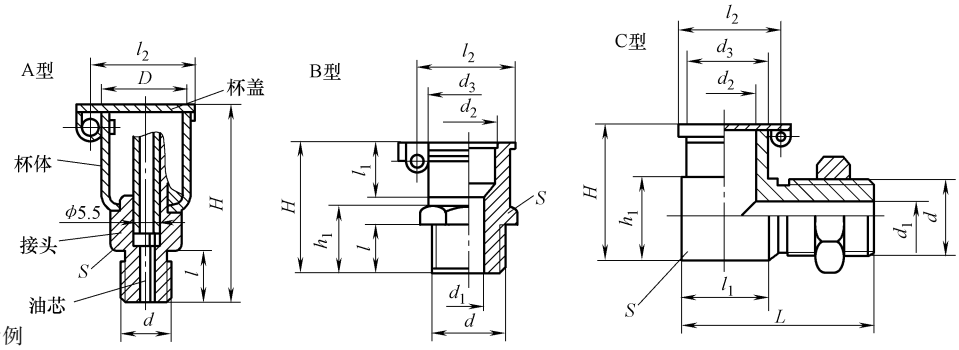
标注示例

最小容量 25cm³，A 型旋盖式油杯的标记：油杯 A25　JB/T 7940.3

最小容量/cm³	d	l	H	h	h_1	d_1	D A 型	D B 型	L max	S 公称尺寸	S 极限偏差
1.5	M8×1	8	14	22	7	3	16	18	33	10	0 −0.22
3	M10×1		15	23	8	4	20	22	35	13	0 −0.27
6			17	26			26	28	40		
12	M14×1.5	12	20	30	10	5	32	34	47	18	
18			22	32			36	40	50		
25			24	34			41	44	55		
50	M16×1.5	12	30	44	10	5	51	54	70	21	0 −0.33
100			38	52			68	68	85		
200	M24×1.5	16	48	64	16	6	—	86	105	30	

注：本表适用于机械设备上润滑脂压注油环。

表 11-50　弹簧盖油杯（摘自 JB/T 7940.5—1995）



标记示例

例 1：最小容量为 $3cm^3$，A 型弹簧盖油杯的标记为

油杯　A3　JB/T 7940.5

例 2：连接螺纹 M10×1，B 型弹簧盖油杯的标记为

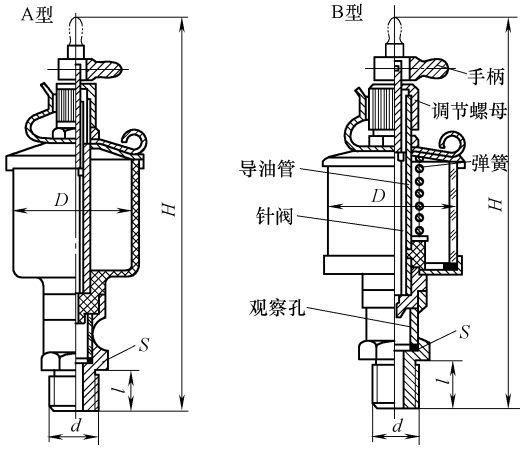
油杯　BM10×1　JB/T 7940.5

类型	最小容量 /cm^3	d	H	D	$l_2\approx$	l	S 公称尺寸	S 极限偏差
			≤					
A 型	1	M8×1	38	16	21	10	10	0 −0.22
	2		40	18	23			
	3	M10×1	42	20	25		11	0 −0.27
	6		45	25	30			
	12	M14×1.5	55	30	36	12	18	
	18		60	32	38			
	25		65	35	41			
	50		68	45	51			

类型	d	d_1	d_2	d_3	H B	H C	h_1 B	h_1 C	L	l_1 B	l_1 C	l_2	螺母（按 GB/T 6172.1）	S 公称尺寸 B	S 公称尺寸 C	S 极限偏差 B	S 极限偏差 C
B 型	M6	3	6	10	18		9		25	8	12	15	M6	10	13	0 −0.22	0 −0.27
	M8×1	4	8	12	24		12		28	10	14	17	M8×1	13			
	M10×1	5							30		16		M10×1			0 −0.27	
C 型	M12×1.5	6	10	14	26		14		34	12	19	19	M12×1.5	16			
	M16×1.5	8	12	18	28	30	14	18	37		23	23	M16×1.5	21		0 −0.33	

注：本表适用于机械设备上润滑油的注油杯。

表 11-51　针阀式注油杯（摘自 JB/T 7940.6—1995）



标记示例

最小容量为 $25cm^3$，A 型针阀式油杯的标记为

油杯　A25　JB/T 7940.6

（续）

最小容量 /cm³	d	l	H	D	S		螺母(按 GB/T 6172.1)
					公称尺寸	极限偏差	
16	M10×1	12	105	32	13	0 −0.27	M8×1
25	M14×1.5		115	36	18		
50			130	45			M10×1
100			140	55			
200	M16×1.5	14	170	70	21	0 −0.33	M10×1
400			190	85			

注：本表适用于机械设备上润滑油注油杯。

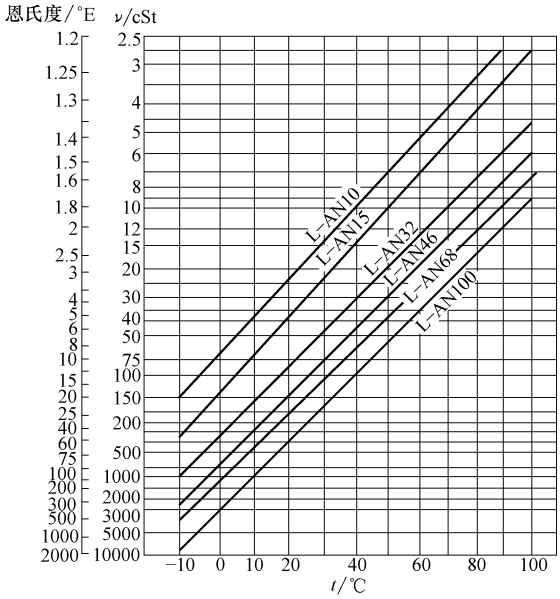


图 11-24　黏度-温度特性曲线

第 12 章　联　轴　器

12.1　基本设计计算方法

12.1.1　概述

联轴器是机械传动中广泛应用的重要部件。它们主要用来连接两轴使之一起转动，从而传递运动和转矩。用联轴器连接的两根轴，只有在机器停车后，经过拆卸才能使它们分离。联轴器不仅要从结构上采取各种措施，使之能传递所需的转矩，还应具有补偿两轴线的相对位移或偏差、减振与缓冲以及保护机器等性能。

1. 联轴器的分类

联轴器的种类很多，根据是否带有弹性元件，可以将联轴器分为刚性联轴器和弹性联轴器两大类。联轴器所连接的两轴，由于制造及安装误差、承载后的变形以及温度变化的影响等，往往不能保证严格地对中，而是存在着某种程度的相对位移与偏斜。

弹性联轴器因有弹性元件故可缓冲减振，并可在一定范围内补偿两轴间的偏斜。刚性联轴器根据其结构特点分为固定式与可移式两类。刚性可移式联轴器对两轴的偏移具有一定的补偿能力；固定式联轴器要求被连接的两轴中心线严格对中。联轴器的一般分类如图 12-1 所示。

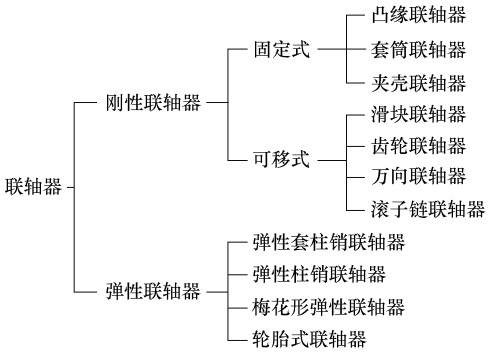


图 12-1　联轴器的分类

2. 联轴器的应用

联轴器大部分已标准化、规格化，被广泛应用在机械设备中。正确选用联轴器，对保证正常运转，改善机械工作状态，延长设备使用寿命等是很重要的。设计时主要是根据机器的工作特点及要求，结合联轴器的性能选定合适的类型，常用几种联轴器的特点与使用条件可见表 12-1。

表 12-1　常用几种联轴器的特点与使用条件

类别	联轴器类型	许用转矩[T]/(N·m)	轴径范围/mm	最大转速/(r·min^{-1})	特　点	使用条件
刚性固定式联轴器	凸缘联轴器	400～16000	40～160	1450～3500	结构简单，使用方便，成本低，能传递较大转矩，对中精度可靠	适用于转速低、载荷平稳、两轴的同轴度好、对中性好的连接
	套筒联轴器	4.5～10000	10～100	200～250	结构简单，径向尺寸小，同轴度高，但拆装不便	用于两轴直径较小、工作平稳的连接，广泛用于机床中

（续）

类别	联轴器类型	许用转矩[T]/(N·m)	轴径范围/mm	最大转速/(r·min^{-1})	特　点	使用条件
刚性固定式联轴器	夹壳联轴器	85～9000	30～110	380～900	结构简单，拆装方便，但平衡困难，缺乏缓冲和吸振能力	用于低速、无冲击载荷的情况
刚性可移式联轴器	齿轮联轴器	710～10^6	18～560	300～3780	承载能力大，工作可靠，但制作成本高	可在高速重载条件下工作，常用于起动频繁、正反转变化的场合
	十字滑块式联轴器	120～20000	15～150	100～250	径向尺寸小，寿命较长，但制造复杂，需要润滑	用于两轴相对偏移量较大、低速转动、工作较平稳的场合
	NZ 挠性爪型联轴器	25～600	15～65	3800～10000	结构简单，外形尺寸小，惯性力小	用于小功率、高转速、无急剧冲击的连接
	万向联轴器	25～1280	10～40	—	结构紧凑、维护方便，但制造较复杂有速度波动，将引起附加动载荷	适用于两轴夹角大或两轴平行但连接距离较大的场合
弹性联轴器	弹性圆柱销式联轴器	67～15380	25～180	1100～5400	弹性较好，拆装方便，成本低，但弹性圈易损坏，寿命短，要限制使用温度	用于连接载荷平稳，需正、反转或起动频繁的中小转矩的传动轴
	尼龙柱销联轴器	100～400000	12～400	760～7430	结构简单，制造容易，维护方便，寿命长，但要限制使用温度	用于正、反转变化多，起动频繁的高、低速传动
	轮胎联轴器	10～16000	10～230	600～4000	缓冲性能和综合性能都较好，不需润滑，但径向尺寸大	用于潮湿、多尘、冲击大、正反转次数多及起动频繁的场合
安全联轴器	剪切销安全联轴器	—	—	—	结构简单，能起过载保护作用，但准确性不够	用于不要求精确控制转矩的一般保护装置

12.1.2　联轴器的选择与计算

1. 联轴器的类型选择原则

联轴器要求工作可靠、装拆方便、尺寸小、重量轻以及维护简单等。联轴器的类型选择主要考虑所需传递轴转速的高低、载荷的大小、被连接两部件的安装精度、回转的平稳性、价格等，参考各类联轴器的特性，具体选择时可考虑以下几点：

1）转矩大选择刚性联轴器、无弹性元件或有金属弹性元件的挠性联轴器，转矩有冲击振动时选择有弹性元件的挠性联轴器。

2）转速高选择非金属弹性元件的挠性联轴器。

3）对中性好选择刚性联轴器，需补偿时选挠性联轴器。

4）考虑装拆方便，选可直接径向移动的联轴器。

5）若在高温下工作，不可选有非金属元件的联轴器。

6）同等条件下，尽量选择价格低、维护简单的联轴器。

2. 联轴器的计算

选好类型后进行如下计算：

（1）计算最大转矩

由于机器起动时的动载荷和运转中可能出现过载，所以应当按轴可能传递的最大转矩作为计算转矩 T_c。考虑机器起动时的惯性力及过载等因素的影响，联轴器的计算转矩可按下式计算：

$$T_c = KK_wK_zK_tT \leqslant T_n$$

式中　T——名义转矩（N·m）；

K——工作情况系数，见表 12-2；

K_w——动力机系数，见表 12-3；

K_z——起动系数，见表 12-3；

K_t——温度系数，见表 12-3；

T_n——公称转矩（N·m），由选择的具体联轴器型号标准中查取。

表 12-2　联轴器工作情况系数 *K*（JB/T 7511—1994）

载荷性质	工作机类型	*K*	载荷性质	工作机类型	*K*
均匀载荷	转向机构、加煤机风筛、装罐机械	1.0	中等冲击载荷	造纸设备	1.50～2.25
	鼓风机、风机、泵（离心式）	1.0		食品机械（切割、搅面、绞肉）	1.75～2.00
	鼓风机、风机（轴流式）、泵（回转式）	1.5		木材加工机械	1.50～2.00
	压缩机（离心式、轴流式）	1.25～1.50		工具机（刨床、弯曲机、压力机、攻丝机）	1.50～2.50
	液体搅拌设备、酿造、蒸馏设备、均匀加载运输机	1.0～1.25		石油机械（石蜡过滤机、油井泵、旋转窑）	1.75～2.00
	不均匀加载运输机、提升机（自动式、重力卸料式）	1.25～1.5		轧制设备（剪切、绕线、拉拔机、成形、压延等）	1.50～2.25
	给料机（板式、带式、圆盘式、螺旋式）	1.25		旋转式粉碎机	2.00～2.25
	废水处理设备	1.25		橡胶机械	2.00～2.50
	纺织机械	1.25～1.50		起重机、卷扬机	1.50～2.00
	造纸设备（漂白、校平、卷取、清洗机）	1.0～1.50		挖泥机及附属设备	1.50～2.25
	传动装置（主、辅传动）	1.25～1.50		黏土加工设备	1.75～2.00
	食品机械（罐装机、谷类脱粒机）	1.0～1.25		洗衣机、锤式粉碎机	2.00
	印刷机械	1.50		旋转式筛石机	1.50
中等冲击载荷	通风机（冷却塔式、引风机）	2.00	重、特重冲击载荷	碎矿（石）机	2.75
	泵（单～多缸）	1.75～2.25		摆动运输机、往复式给料机	2.50
	往复式压缩机	2.00		可逆输送辊道	2.50
	搅拌机（筒形、混凝土）	1.50～1.75		初轧、中厚板轧机、剪切机、压力机、机架辊	>2.75
	运输机（板式、螺旋式、往复式）	1.50～2.50			
	提升机（离心式、料斗式、普通货车用）	1.50～2.00			

注：表中 *K* 值的范围，根据同类机械中载荷性质的差异而定。

表 12-3 系数 K_w、K_z、K_t（JB/T 7511—1994）

动力机系数 K_w				
动力机	电动机、汽轮机	内燃机		
		四缸及以上	双缸	单缸
K_w	1.0	1.2	1.4	1.6

起动系数 K_z			
起动次数(次/h)	≤120	>120～240	>240
K_z	1.0	1.3	由制造厂定

温度系数 K_t			
环境温度/℃	天然橡胶(NR)	聚氨酯(PUR)	丁腈橡胶(NBR)
-20～30	1.0	1.0	1.0
>30～40	1.1	1.2	1.0
>40～60	1.4	1.5	1.0
>60～80	1.8	不允许	1.2

（2）选取型号和结构尺寸

根据计算转矩、轴直径、转速及所选的联轴器类型等，从有关手册中选取联轴器的具体型号和结构尺寸。

（3）校核最大转速

选出联轴器的具体型号后，要校核最大转速：被连接轴的转速 n 不应超过所选联轴器允许的最高转速 n_{max}，即 $n \leqslant n_{max}$。

（4）协调轴孔直径与联轴器孔径选择联轴器

多数情况下，每一型号联轴器适用的轴的直径均有一个范围，标准中或者给出轴直径的最小值和最大值，或者给出适用直径的尺寸系列，被连接两轴的直径应当在此范围内。一般情况下被连接两轴的直径可以相同，也可不同；两个轴端的形状也可能相同或不同。例如主动轴轴端为圆柱形，而连接的从动轴的轴端可能是圆锥形。

（5）考虑规定部件相应的安装精度

根据所选联轴器允许轴的相对位移偏差，考虑规定部件相应的安装精度。通常标准中只给出单项位移偏差的允许值。如果有多项位移偏差存在，则必须根据联轴器的尺寸大小计算出相互影响的关系，以此作为规定部件安装精度的依据。

（6）进行必要的校核

一般情况不必对联轴器进行校核，必要的情况下应对联轴器主要传动零件进行强度校核。使用非金属弹性元件联轴器时，还应注意联轴器所在部位的工作温度不要超过该弹性元件材料允许的最高温度。

12.1.3 联轴器的选择计算实例

实例 1

某混砂机中电动机与减速器之间用联轴器连接，已知电动机型号为 Y160L-4，额定功率 $P=15\text{kW}$，满载转速 $n=1460\text{r/min}$，电动机伸出轴直径 $d_1=42\text{mm}$，减速器输入轴直径 $d_2=40\text{mm}$。试选择联轴器的类型、型号，并校核该联轴器的强度。

解：

（1）选择联轴器类型

根据工作用途为混砂机，属于一般机械传动；又考虑电动机与减速器两轴对中性无严格要求，为了便于安装，因此采用弹性联轴器。又考虑到该传动装置精度要求不高，因此采用造价比较低的、结构比较简单的非金属弹性联轴器，例如：弹性套柱销联轴器、（尼龙）柱销联轴器、梅花联轴器等。因轴的转速较高、转矩不太大、起动频繁，故本题选用弹性套柱销联轴器，也可选用其他形式的弹性联轴器。

（2）确定计算转矩 T_c

查表12-3：动力机为电动机，则 $K_w=1$；假定联轴器结合次数为200次，则 $K_z=1.3$；混砂机一般在露天场合工作，环境温度按夏季室外温度，30～40℃；弹性套材料为橡胶，所以 $K_t=1.1$。查表12-2，混砂机转矩变化中等，工作机按搅拌机性质选取，则 $K=1.7$，所以

$$T_c=KK_wK_zK_tT=1.7\times1\times1.3\times1.1\times9550\times\frac{15}{1460}\text{N}\cdot\text{m}=238.5\text{N}\cdot\text{m}$$

（3）选择联轴器型号

查表12-29所示LT弹性套柱销联轴器（GB/T 4323—2002）基本参数和尺寸，选联轴器型号为LT6（半联轴器材料为钢），该联轴器公称转矩 $T_n=250\text{N}\cdot\text{m}>T_c=238.5\text{N}\cdot\text{m}$；许用转速 $[n]=3800\text{r/min}>n=1460\text{r/min}$。

根据电动机的类型为市场上常用的Y系列电动机，由参考文献［2］附录K可查出伸出轴的尺寸：轴径 $d_1=42\text{mm}$，轴长 $L=110\text{mm}$。因此取联轴器轴孔直径 $d_1=42\text{mm}$，轴孔长 $L=112\text{mm}$（一般半联轴器长比轴长出2mm，是考虑到两半联轴器连接后，不至于使两轴顶住而留一间隙）。考虑到电动机的轴长为 $L=110\text{mm}$，因此半联轴器用Y型轴孔（J型孔为短圆柱形孔，Z型孔适用于轴带锥度的情况）。而另一端工作机，联轴器可用Y型轴孔、J型孔或Z型孔，其中Y型轴孔和J型孔加工容易，J型孔较短，结构紧凑，一般适用于轴端带挡圈的情况。Z型孔轴孔对中性好，但加工较困难。

本题减速器轴端的半联轴器初步选用J型轴孔，查表12-29得，轴孔直径 $d_2=40\text{mm}$（可以取40mm或42mm，本题考虑结构尽量紧凑，因此取40mm），轴孔长 $L_1=84\text{mm}$，因此联轴器的标记为：

$$\text{LT6联轴器}\frac{\text{Y}42\times112}{\text{J}40\times84}\text{GB/T 4323—2002}$$

（4）校核计算

弹性套柱销联轴器的较弱零件是柱销和弹性套，需要校核柱销弯曲强度及弹性套的抗挤压强度

1）柱销弯曲强度校核

强度条件为：$\sigma_{bb}\approx\dfrac{10T_cl}{0.8zD_1d^3}\leqslant[\sigma_{bb}]$

式中，按强度计算的柱销中心分布圆直径 D_1 最小值的经验公式为：$D_1=(15\sim16.5)\sqrt[3]{T_c}=92.85\sim102.13$（不同厂家，此值不同），取 $D_1=100\text{mm}$；柱销数为：$z=2.8D_1/d_5=2.8\times100/26=10.76$，取整为偶数，则 $z=10$，d_5 为弹性套外径（见图12-9），查表12-31可得弹性套、挡圈、柱销的主要尺寸：柱销全长 $l_2=72\text{mm}$（此处近似取柱销长 $l\approx l_2=72\text{mm}$），柱销材料为45钢，$[\sigma_{bb}]=80\sim90\text{MPa}$。

将数据代入上式，则

$$\sigma_{bb} \approx \frac{10 \times 238.5 \times 10^3 \times 72}{0.8 \times 10 \times 100 \times 14^3} \text{MPa} = 78.23\text{MPa} < [\sigma_{bb}] = 80 \sim 90\text{MPa}$$

因此柱销抗弯强度足够。

2）弹性套的挤压强度

弹性套的挤压强度条件为：$\sigma_p = \dfrac{2T_c}{0.8zD_1dl_1} \leqslant [\sigma_p]$

$[\sigma_p]$为弹性套的许用挤压应力，对于橡胶，取 $[\sigma_p] = 1.9\text{MPa}$。

将数据代入，$\sigma_p = \dfrac{2 \times 283.5 \times 10^3}{0.8 \times 10 \times 100 \times 14 \times 28} \text{MPa} = 1.81\text{MPa} < [\sigma_p] = (1.8 \sim 2.0)\text{MPa}$

从以上可以看出，选此型号的联轴器是合适的。

注：如果选用了标准联轴器，一般情况下可不必对易损件进行校核。

实例 2

某电动机型号为 $Y200L_2$-6，额定功率 $P = 22\text{kW}$，转速 $n = 970\text{r/min}$，伸出轴轴径为 $\phi 55\text{mm}$。减速器的减速比 $i = 26.3$，总效率 0.94。由强度计算得：减速器的输入轴径 d 为 48mm，输出轴径 d 为 95mm。工作机为链式运输机，载荷为中等冲击，与减速器连接的轴径为 100mm。

（1）选择减速器输入端的联轴器类型，并标出型号；

（2）选择减速器输出端的联轴器类型，并标出型号；

（3）试校核减速器低速轴输出端的联轴器的强度。

解：

（1）选择减速器输入端联轴器

1）类型选择

从电动机功率来看，属于中等载荷。又因为工作机为链式运输机，载荷为中等冲击，因此轴将有一定的弯曲变形，因此应该选用弹性联轴器以补偿轴的弯曲变形并缓冲吸振。本题选用价格低廉的弹性柱销联轴器（GB/T 5014—2003）。弹性柱销联轴器具有结构简单、合理，维修方便，两面对称可互换，寿命长，允许较大的轴向窜动，具有缓冲、减振、耐磨等性能。适合在不要求控制噪声的场合使用。许用补偿量径向 0.15 ~ 0.25mm 、角向 0.5°。

2）确定计算转矩 T_c

查表 12-3，动力机为电动机，则 $K_w = 1$；假定 200 次/h，则 $K_z = 1.3$；减速器在室内工作，室温为 20 ~ 30℃，材料为尼龙（聚氨酯），所以 $K_t = 1$；查表 12-2 减速器载荷均匀，工作机性质为传动装置，则 $K = 1.25 \sim 1.5$，本例取 $K = 1.3$，则

$$T_{c1} = KK_wK_zK_tT = 1.3 \times 1 \times 1.3 \times 1.0 \times 9550 \times \frac{20.8}{970}\text{N} \cdot \text{m} = 346\text{N} \cdot \text{m}$$

3）选择联轴器具体型号尺寸

根据计算得到的 T_c，由表 12-34 弹性柱销联轴器（GB/T 5014—2003）可查得：LX2 弹性柱销联轴器，该联轴器公称转矩为 560N · m，但联轴器孔径最大到 35mm，而电动机外伸轴的直径为 $\phi 55\text{mm}$，说明该型号的联轴器不可用。考虑电动机轴径为 55mm，因此改选 LX4 弹性柱销联轴器，公称转矩为 2500N · m，孔径 d 有 40、42、45、48、50、55、56、60、

63mm 九种规格，即决定选用 LX4 型；减速器输入端轴孔暂选用 Y 型孔（考虑用 Y 型孔时键较长，挤压强度容易满足），根据已知条件：$d=48\text{mm}$，联轴器的标记为：

$$\text{LX4联轴器}\frac{\text{Y55}\times112}{\text{Y48}\times112}\text{GB/T 5014—2003}$$

在标记中，Y 为圆柱形轴孔，尺寸 55×112 表示联轴器与电动机连接处的轮毂孔径和长度；48×112 是与减速器输入轴（高速轴）连接处的孔径和长度。

（2）选择减速器低速轴输出端联轴器

1）确定计算转矩

$$T_{c2}=i\eta T_{c1}=26.3\times0.94\times346\text{N}\cdot\text{m}=8553.8\text{N}\cdot\text{m}$$

2）选择联轴器具体型号及尺寸

因为低速轴载荷大，属于重载，且又有冲击，因此选用挠性联轴器中的齿式联轴器。由于直齿式联轴器的补偿两轴向的相对偏移能力不如鼓形齿式联轴器，所以不选用 CL 和 CLZ 型联轴器，而选用鼓形齿式联轴器。又因为 TGL 型联轴器的公称转矩较小，都小于 T_{c2}，达不到使用要求，因此不能选用。GICL（Z）和 GⅡCL（Z）型联轴器相比，在公称转矩相同时，在两轴线许用角位移为 1.5°时，前者允许较大的径向位移量，更适合用在条件恶劣的场合，如矿山机械等中型机械。

本题工作机为链式输送机，暂决定选用 GⅡCL8 型联轴器。查表 12-17：其公称转矩为 10000N·m，满足使用要求。主、从动端均选用 Y 型轴孔，轴孔直径为 95mm，长度为 172mm，B 型键槽。

则联轴器的标记为：

GⅡCL8 联轴器 YB 95×172 JB/T 8854.2—2001

3）校核计算

工作齿面的压强计算：

$$p=\frac{1.8T_c}{bd^2}\leqslant[p]$$

式中　d——齿轮的分度圆直径，$d=D_2+5\text{mm}=155\text{mm}+5\text{mm}=160\text{mm}$，此尺寸是按齿的模数为 2.5mm 的估计值，准确尺寸请与联轴器厂家联系；

b——轴套上外齿的宽度，$b=(0.15\sim0.2)d=24\sim32\text{mm}$，此处取为 30mm；

$[p]$——齿面的许用压强，对直线齿 $[p]=8\sim12\text{MPa}$，对鼓形齿 $[p]=15\sim30\text{MPa}$，材质好，齿面硬度高，圆周速度低，取大值，本题取 30MPa。

将以上数字代入上式：

$$p=\frac{1.8T_{c2}}{bd^2}=\frac{1.8\times8553.8\times10^3}{30\times160^2}\text{MPa}=20.05\text{MPa}<[p]=30\text{MPa}$$

因为此联轴器的工作转速不高，因此不必验算齿面的滑动速度，如果需要验算，可以按下式计算轴向相对往复滑动速度：

$$v_c=\frac{dn\tan\Delta\alpha}{3\times10^4}\leqslant[v_c]\text{m/s}$$

式中，$\Delta\alpha$ 是角位移，其他参数意义同前。

实例 3

如果实例 2 中减速器与工作机之间用滚子链联轴器连接，试选联轴器型号，并对其进行强度验算。

解：

（1）选联轴器型号

根据计算转矩 $T_{c2}=8553.8\times1.5/1.3\text{N}\cdot\text{m}=9869.8\text{N}\cdot\text{m}$，计算滚子链联轴器的计算转矩时，因考虑到链条的冲击性，工况系数应该由表 12-2 查得，工作机载荷为中等冲击，$K=1.5$，对工况系数 $K=1.3$ 加以修正，输出轴轴径 d 为 100mm，减速器低速轴转速 $n=970/26.3\text{r/min}=36.9\text{r/min}$。查表 12-15 滚子链联轴器的基本参数和主要尺寸，可以选用 GL13 型联轴器，联轴器型号为：联轴器 GL13 Y100 GB/T 6069—2002。

该联轴器公称转矩 $T_n=10000\text{N}\cdot\text{m}$，选用 Y 型轴孔，直径为 100 ~ 125mm，长度为 212mm，许用转速为 200r/min，能满足要求。

（2）验算联轴器承载能力

链条联轴器的薄弱环节是链条，在传递转矩时可能出现链条销轴被切断的情况。双排滚子链销轴抗剪切强度条件式为

$$\tau=\frac{8T_c}{\pi d_z^2 D_1 z}\leqslant[\tau]$$

式中 d_z——链条销轴直径（mm）；

D_1——轮分度圆直径（mm），$D_1=p/\sin(180°/z)$；

z——链轮齿数；

p——链条节距（mm）；

$[\tau]$——链条许用切应力（MPa），$[\tau]=(160\sim180)K_n$；

K_n——考虑惯性离心力影响的转速系数，见表 12-14。

查表 12-15 GL13 型联轴器的链条为 32A，$p=50.8\text{mm}$，$z=18$，查滚子链的主要参数，32A 链条的销轴直径 $d_z=14.27\text{mm}$。查表 12-14 链条联轴器的转速系数：转速小于 50r/min，$K_n=1.15$，故

$$[\tau]=(160\sim180)\times1.15\text{MPa}=184\sim207\text{MPa}$$

$$D_1=p/\sin(180°/z)=50.8/\sin(180°/18)\text{mm}=292.5\text{mm}$$

$$\tau=\frac{8\times9869.8\times10^3}{\pi\times14.27^2\times292.5\times18}\text{MPa}=23.5\text{MPa}\ll[\tau]=184\sim207\text{MPa}$$

所以，选用此联轴器合适。

实例 4

假如实例 2 的高速轴选梅花型弹性联轴器，确定联轴器的型号。

解：

查表 12-36 梅花型弹性联轴器，选用 LM 型。考虑 LMS7 型联轴器传递的许用转矩为 630N · m，轴孔直径也能满足 $d=48\text{mm}$ 和电动机轴的直径 $d=55\text{mm}$ 的要求，轴孔长度 112mm，即选择 LMS7 联轴器 $\frac{\text{Y}55\times112}{\text{J}48\times84}$ GB/T 5272—2002。

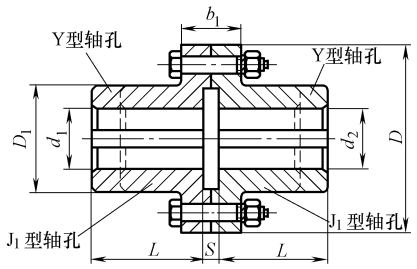
强度通常能满足要求，此处略。

12.2　设计标准和规范

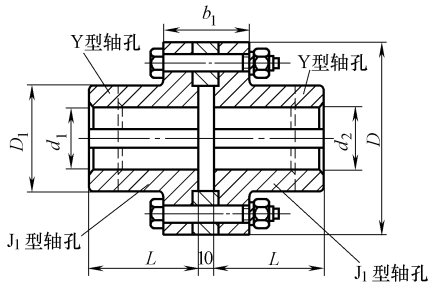
12.2.1　刚性联轴器

12.2.1.1　凸缘联轴器（见表 12-4）

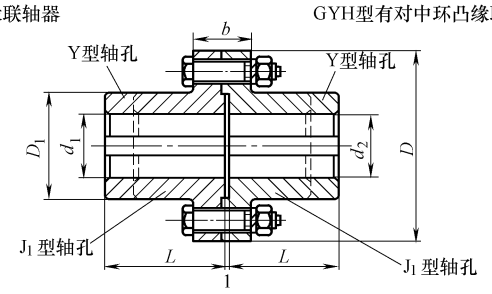
表 12-4　凸缘联轴器基本参数和尺寸（GB/T 5843—2003）



GY型凸缘联轴器



GYH型有对中环凸缘联轴器



GYS型有对中榫凸缘联轴器

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2/mm	轴孔长度 L/mm Y 型	轴孔长度 L/mm J_1 型	D	D_1	b	b_1	S	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
						mm						
GY1 GYS1 GYH1	25	12000	12	32	27	80	30	26	42	6	0.0008	1.16
			14									
			16	42	30							
			18									
			19									
GY2 GYS2 GYH2	63	10000	16	42	30	90	40	28	44	6	0.0015	1.72
			18									
			19									
			20	52	38							
			22									
			24									
			25	62	44							
GY3 GYS3 GYH3	112	9500	20	52	38	100	45	30	46	6	0.0025	2.38
			22									
			24									
			25	62	44							
			28									

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2/mm	轴孔长度 L/mm Y 型	轴孔长度 L/mm J_1 型	D	D_1	b	b_1	S	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
						mm						
GY4 GYS4 GYH4	224	9000	25	62	44	105	55	32	48	6	0.003	3.15
			28									
			30	82	60							
			32									
			35									
GY5 GYS5 GYH5	400	8000	30	82	60	120	68	36	52	8	0.007	5.43
			32									
			35									
			38									
			40	112	84							
			42									
GY6 GYS6 GYH6	900	6800	38	82	60	140	80	40	56	8	0.015	7.59
			40	112	84							
			42									
			45									
			48									
			50									
GY7 GYS7 GYH7	1600	6000	48	112	84	160	100	40	56	8	0.031	13.1
			50									
			55									
			56									
			60	142	107							
			63									
GY8 GYS8 GYH8	3150	4800	60	142	107	200	130	50	68	10	0.103	27.5
			63									
			65									
			70									
			71									
			75									
			80	172	132							
GY9 GYS9 GYH9	6300	3600	75	142	107	260	160	66	84	10	0.319	47.8
			80	172	132							
			85									
			90									
			95									
			100	212	167							
GY10 GYS10 GYH10	10000	3200	90	172	132	300	200	72	90	10	0.720	82.0
			95									
			100	212	167							
			110									
			120									
			125									
GY11 GYS11 GYH11	25000	2500	120	212	167	380	260	80	98	10	2.278	162.2
			125									
			130	252	202							
			140									
			150									
			160	302	242							

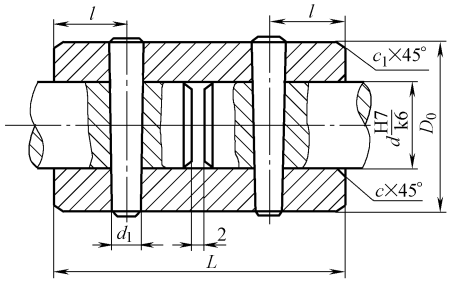
（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2/mm	轴孔长度 L/mm Y 型	轴孔长度 L/mm J_1 型	D	D_1	b	b_1	S	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
						mm						
GY12 GYS12 GYH12	50000	2000	150	252	202	460	320	92	112	12	5.923	285.6
			160	302	242							
			170									
			180									
			190	353	282							
			200									
GY13 GYS13 GYH13	100000	1000	190	352	282	590	400	110	130	12	19.978	611.9
			200									
			220									
			240	410	330							
			250									

注：质量、转动惯量是按 GY 型联轴器 Y/J_1 轴孔组合形式和最小轴孔直径计算的。

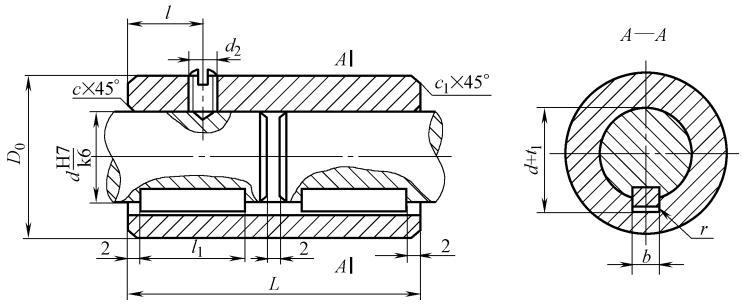
12.2.1.2　套筒联轴器（见表 12-5～表 12-8）

表 12-5　圆锥销套筒联轴器的主要技术参数和尺寸　（mm）



轴孔直径 d(H7)	D_0	L	d_1	l	c	c_1	圆锥销尺寸 GB/T 117—2000	许用转矩 [T]/(N·m)	质量 /kg
4	8	15	1.0	3	0.3	0.3	1×8	0.3	0.004
5	10	20	1.5	5			1.5×10	0.8	0.01
6	12	25	1.5	6			1.5×12	1.0	0.02
8	15	30	2.0				2×16	2.2	0.03
10	18	35	2.5	8	0.5	0.5	2.5×18	4.5	0.06
12	22	40	3.0				3×22	7.5	0.09
14	25	45	4.0	10			4×25	16	0.13
16	28		5.0				5×28	28	0.16
18	32	55		12			5×32	32	0.25
20	35	60	6.0	15	1.0	1.0	6×35	50	0.31
22		65						56	0.35
25	40	75	8.0	20			8×40	112	0.47
28	45	80					8×45	127	0.63
30		90						132	0.65
35	50	105	10.0	25	1.2		10×50	250	0.84
40	60	120					10×60	280	1.52
45	70	140	12.0	35			12×70	530	2.58
50	80	150					12×80	600	3.71
55	90	160			1.8		12×90	630	5.15
60	100	180	16.0	45		2.0	16×100	1060	7.50
70	110	200					16×110	1250	9.15
80	120	220	20.0	50			20×120	2240	11.30
90	130	240					20×130	2500	13.60
100	140	280	25.0	60			25×140	4000	17.60

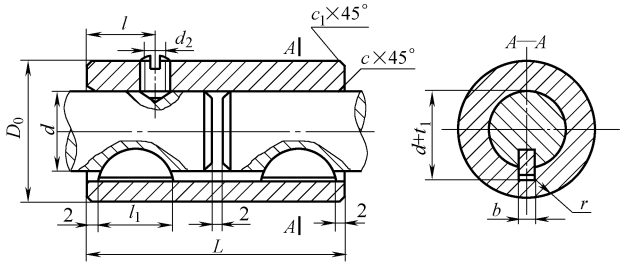
表 12-6　平键套筒联轴器的主要技术参数和尺寸　　(mm)



轴孔直径 d(H7)	D_0	L	l	键槽宽度 b 尺寸	键槽宽度 b 极限偏差	键槽深度 t_1 尺寸	键槽深度 t_1 极限偏差	r	c	c_1	紧定螺钉 GB/T 73—2000	许用转矩 [T]/(N·m)	质量 /kg
20	35	60	15	6	±0.015	2.8	+0.1 0	0.3	1.0	1.0	M6×10	71	0.3
22		65										90	0.3
25	40	75	20	8	±0.018	3.3	+0.2 0					125	0.46
28	45	80									M8×12	170	0.62
30		90										212	0.73
35	50	105	25	10					1.2			355	0.84
40	60	120		12	±0.0215							450	1.5
45	70	140	35	14		3.8					M10×18	710	2.52
50	80	150						0.5			M12×18	850	3.64
55	90	160		16		4.3			1.8		M12×22	1060	5.07
60	100	180	45	18		4.4				2.0	M12×25	1500	7.21
70	110	200		20	±0.026	4.9					M16×25	2240	9.0
80	120	220	50	22		5.4						3150	11.1
90	130	240		25								4000	13.3
100	140	280	60	28		6.4		0.8			M20×25	5600	16.7

注：键槽对套筒中心线的对称度根据使用要求，按 GB/T 1184—1996 对称度公差选取 7～9 级。

表 12-7　半圆键套筒联轴器的主要技术参数和尺寸　　(mm)



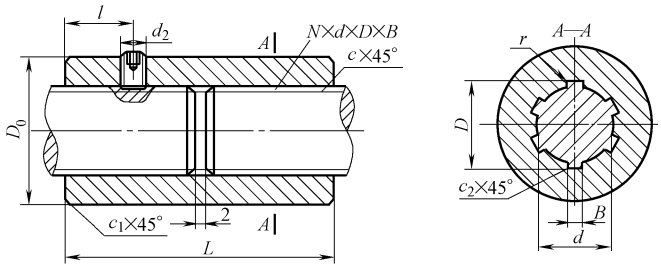
轴孔直径 d(H7)	D_0	L	l	键槽宽度 b 尺寸	键槽宽度 b 极限偏差	键槽深度 t_1 尺寸	键槽深度 t_1 极限偏差	r	c	c_1	紧定螺钉 GB/T 73—2000	许用转矩 [T]/(N·m)	质量 /kg
10	18	35	8	3	±0.012	1.4	+0.1 0	0.2	0.5	0.5	M4×8	8	0.05
12	22	40										20	0.09
14	25	45	10	4	±0.015	1.8					M5×8	28	0.13
16	28											40	0.16
18	32	55	12	5		2.3					M5×10	56	0.25

（续）

轴孔直径 d(H7)	D_0	L	l	键槽宽度 b		键槽深度 t_1		r	c	c_1	紧定螺钉 GB/T 73—2000	许用转矩 [T]/(N·m)	质量 /kg
				尺寸	极限偏差	尺寸	极限偏差						
20	35	60	15	5	±0.015	2.3	+0.1 0	0.3	1.0	1.0	M6×10	90	0.3
22		65										110	
25	40	75	20	6		2.8						160	0.47
28	45	80									M8×12	220	0.63
30		90		8	±0.018	3.3						280	0.65
35	50	105	25	10					1.2			450	0.86

注：键对套筒中心线的对称度根据使用要求，按 GB/T 1184—1996 对称度选取 7～9 级。

表 12-8　矩形花键套筒联轴器的主要技术参数和尺寸　（mm）



花键尺寸 $N\times d\times D\times B$	D_0	L	l	r	c	c_1	c_2	许用转矩 [T]/(N·m)	内六角紧定螺钉 GB/T 77—2000	质量 /kg
6×21×25×5	35	45	10	0.2	1.0	1.0	0.3	150	M6×8	0.19
6×23×28×6	40	50	12					250		0.29
6×26×32×6	45	55		0.3	1.2		0.4	360	M6×10	0.41
6×28×34×7		60						420	M6×8	0.4
8×32×38×6	50	70	15					650	M6×10	0.56
8×36×42×7	55	80						900		0.74
8×42×48×8	60	90	20					1250	M8×10	0.88
8×46×54×9	70	100		0.5	1.8		0.5	2000	M8×12	1.48
8×52×60×10	80	110	25			2.0		2500	M8×16	2.22
8×56×65×10	90	120	30					3250	M10×18	3.33
8×62×72×12	100	130						4750		4.44
10×72×82×12	110	150	35					7500		5.68
10×82×92×12	120	170	40					10000	M12×18	7.24
10×92×102×14	130	190	45					12500		8.83

注：1. 花键采用小径定心，应符合 GB/T 1144—2001 规定。

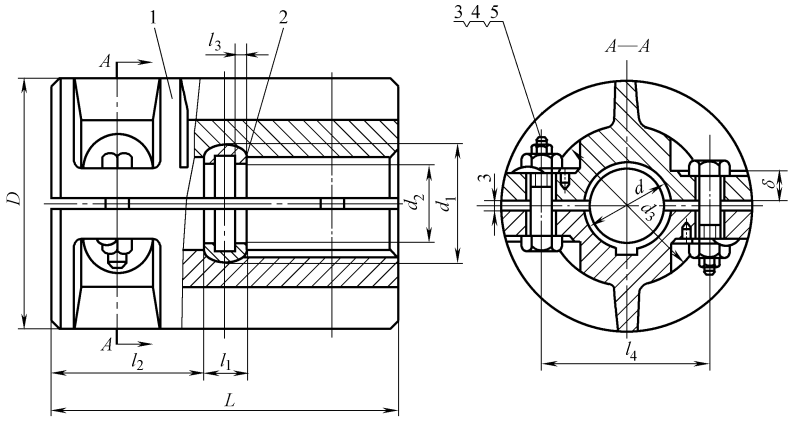
2. N—齿数；d—小径；D—大径；B—键宽。

12.2.1.3　夹壳联轴器（见表 12-9～表 12-12）

表 12-9　夹壳联轴器螺栓直径和数量

轴直径 d/mm	28～36	>36～65	>65～85	>85～95	>95～130
螺栓公称直径	M12	M12	M16	M20	M24
螺栓数 z	4	6	8	8	8

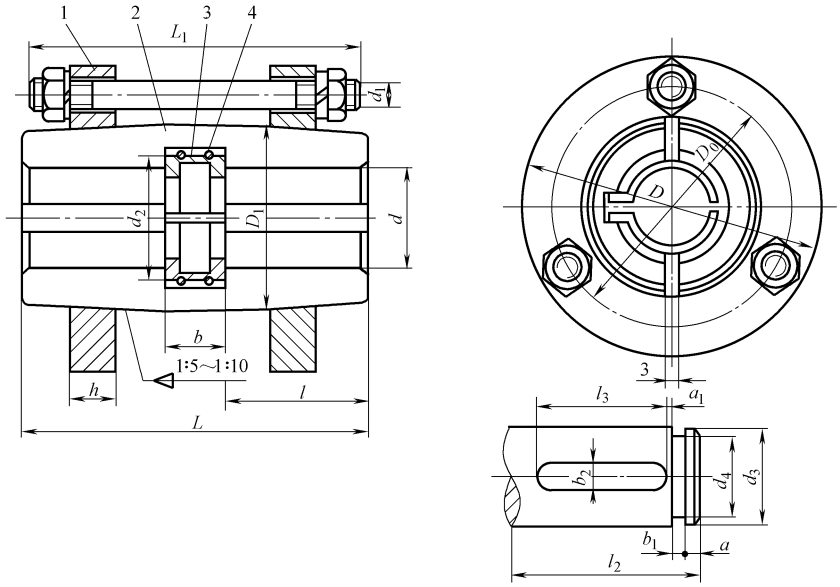
表 12-10　夹壳联轴器的主要参数和尺寸



1—夹壳　2—半圆环　3—螺栓　4—螺母　5—止动垫圈

轴径 d /mm	许用转矩 $[T]$/(N·m)	许用转速 $[n]$/(r·min^{-1})	D	d_1	d_2	d_3	L	l_1 (H8/js7)	l_2	l_3 (h11)	l_4	δ	螺栓		质量 /kg
			mm										z	M×L_1/mm	
30	85	900	102	38	25	62	130	20	55	5	64	16	4	M12×50	4.47
40	236	800	118	48	35	76	162	20	71	5	80	16	6	M12×50	7.60
50	530	700	135	62	42	90	190	24	83	6	94	18	6	M12×55	10.85
65	1400	550	172	78	55	120	250	30	110	8	124	22	8	M16×65	25.06
80	2650	510	185	94	70	130	280	38	121	10	138	24	8	M16×70	30.16
95	5200	415	230	110	85	160	330	38	146	10	164	30	8	M24×100	56.68
110	9000	380	260	125	100	190	390	46	172	12	190	38	8	M24×120	78.00

表 12-11　紧箍夹壳联轴器的主要基数参数和尺寸　(mm)



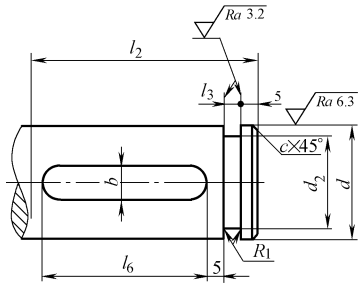
1—紧箍环　2—夹壳　3—半环　4—钢丝挡圈

（续）

轴径 d	许用转矩 $[T]$/(N·m)	d_2	d_3	d_4	D	D_0	D_1	L	b	h	b_1
30	180	35	28	23	90	70	55	120	16	16	4
40	560	45	38	32	105	85	70	140	20	20	5
50	900	55	48	42	120	100	85	170	24	24	6
65	1400	70	62	55	160	135	115	230	30	30	8
80	3150	90	78	70	180	155	135	260	36	36	10
95	5600	105	92	82	210	180	160	320	40	40	10
110	12500	125	108	98	240	210	185	370	45	45	12

轴径 d	b_2	a	a_1	l	l_1	l_2	l_3	螺栓		质量/kg
								z	d_1	
30	8	3	2	52	115	65	50	3	M10	2.6
40	12	4	2	60	130	70	50	3	M10	4.6
50	16	5	2	73	160	90	70	3	M10	6.4
65	18	6	2	100	210	120	100	3	M12	15.5
80	24	8	2	112	240	140	110	3	M12	22.2
95	28	8	3	140	285	170	140	3	M16	45.2
110	32	10	3	163	345	200	160	3	M16	56.6

表 12-12　夹壳联轴器的轴伸结构尺寸　　(mm)



轴径 d(h8)	d_2(h11)	l_3(H11)	l_5	l_6	l_7	b(H9)	c	R_1
$30^{0}_{-0.033}$	$25^{0}_{-0.130}$	$5^{+0.075}_{0}$	4	45	70	$8^{+0.036}_{0}$	0.4	0.2
$40^{0}_{-0.039}$	$35^{0}_{-0.160}$	$5^{+0.075}_{0}$	4	55	85	$12^{+0.043}_{0}$	0.6	0.4
$50^{0}_{-0.039}$	$42^{0}_{-0.160}$	$6^{+0.075}_{0}$	5	70	100	$16^{+0.043}_{0}$	0.6	0.4
$65^{0}_{-0.046}$	$55^{0}_{-0.190}$	$8^{+0.090}_{0}$	6	10	130	$18^{+0.043}_{0}$	1.0	0.6
$80^{0}_{-0.046}$	$70^{0}_{-0.190}$	$10^{+0.090}_{0}$	8	110	145	$24^{+0.052}_{0}$	1.0	0.6
$95^{0}_{-0.054}$	$85^{0}_{-0.220}$	$10^{+0.090}_{0}$	8	140	170	$28^{+0.052}_{0}$	1.0	0.6
$110^{0}_{-0.054}$	$100^{0}_{-0.220}$	$12^{+0.110}_{0}$	10	160	200	$32^{+0.062}_{0}$	1.0	0.6

12.2.2　无弹性元件的挠性联轴器

12.2.2.1　滚子链联轴器（见表 12-13 ~ 表 12-15）

表 12-13　链条联轴器的工作情况系数 *K*（摘自 GB/T 6069—2002）

原　动　机	工　作　机		
	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
电动机、汽轮机	1.0	1.5	2.0
汽油机(四缸以上)	1.5	2.0	2.5
柴油机	2.0	2.5	3.0

注：1. 表值适用于每日 8h 工作制，16h 工作时，增加 50%，16h 以上增加 100%，转速在 50r/min 以下时，可不考虑工作时间的影响。

2. 工作机分类：Ⅰ类：载荷平稳，即转矩变化小，冲击小，起动惯性小，工作中不逆转的机械。

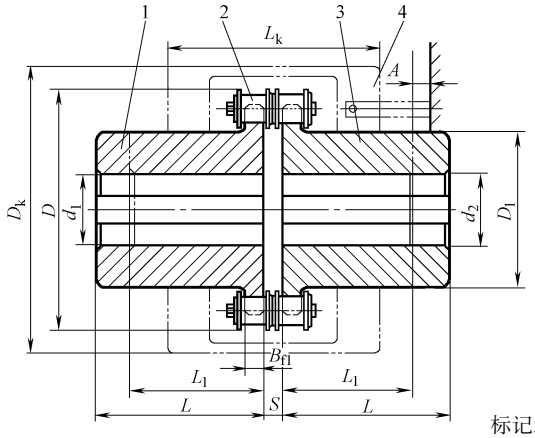
Ⅱ类：转矩变化中等，冲击中等，工作中不逆转的机械。

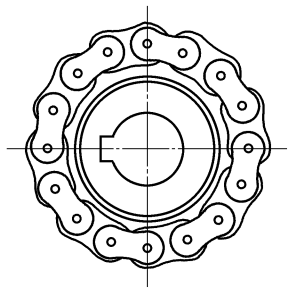
Ⅲ类：转矩变化和冲击载荷大，负载下起动、逆转的机械。

表 12-14　链条联轴器的转速系数

转速 n/(r·min^{-1})	<50	50	100	1000	1500	2000	3000
K_n	1.15	1.0	0.69	0.23	0.22	0.20	0.16

表 12-15　滚子链联轴器的基本参数和主要尺寸（摘自 GB/T 6069—2002）　　(mm)





1、3—半联轴器　2—双排滚子链　4—罩壳

标记示例　GL7 型滚子链联轴器

主动端：J_1 型轴孔，B 型键槽，$d_1=45$，$L=84$

从动端：J_1 型轴孔，B_1 型键槽，$d_2=50$，$L_1=84$

GL7 联轴器 $\frac{J_1B45\times84}{J_1B_150\times84}$ GB/T 6069—2002

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速[n]/(r·min^{-1})		轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度		链号	链条节距 p	齿数 z	D	B_{f1}	S	A	D_1	$D_k\times L_k$ (max)	质量/kg	许用位移		
		无罩壳	有罩壳		Y 型 L	J_1 型 L_1											ΔY	ΔX	$\Delta\alpha$
GL1	40	1400	4500	16 ~ 19	42	—	06B	9.525	14	51.06	5.3	4.9	—	35	70×70	0.40	0.19	1.4	1°
				20	52	38							4						
GL2	63	1250	4500	19	42	—	06B	9.525	16	57.08	5.3	4.9	—	38	75×75	0.70			
				20 ~ 24	52	38							4						

（续）

型号	公称转矩 T_n /(N·m)	许用转速[n] /(r·min^{-1}) 无罩壳	许用转速[n] /(r·min^{-1}) 有罩壳	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 Y 型 L	轴孔长度 J_1 型 L_1	链号	链条节距 p	齿数 z	D	B_{f1}	S	A	D_1	$D_k \times L_k$ (max)	质量/kg	许用位移 ΔY	许用位移 ΔX	许用位移 $\Delta\alpha$
GL3	100	1000	4000	20～24	52	38	08B	12.7	14	68.88	7.2	6.7	12	40	85×80	1.1	0.25	1.9	1°
				25	62	44							6						
GL4	160	1000	4000	24	52	—	08B	12.7	16	76.91	7.2	6.7	—	50	95×88	1.8			
				25、28	62	44							6						
				30、32	82	60							—						
GL5	250	800	3150	28	62	—	10A	15.875	16	94.46	8.9	9.2	—	60	112×100	3.2	0.32	2.3	
				30～38	82	60							—						
				40	112	84							—						
GL6	400	630	2500	32～38	82	60	10A	15.875	20	116.57	8.9	9.2	—	70	140×105	5.0			
				40～50	112	84							—						
GL7	630	630	2500	40～55	112	84	12A	19.05	18	127.78	11.9	10.9	—	85	150×122	7.4	0.38	2.8	
				60	142	107							—						
GL8	1000	500	2240	40～55	112	84	16A	25.40	16	154.33	15.0	14.3	12	110	180×135	11.1	0.5	3.8	
				60～70	142	107							—						
GL9	1600	400	2000	50、55	112	84	16A	25.40	20	186.50	15.0	14.3	12	120	215×145	20.0			
				60～75	142	107							—						
				80	172	132							—						
GL10	2500	315	1600	60～75	142	107	20A	31.75	18	213.02	18.0	17.8	6	140	245×165	26.1	0.63	4.7	
				80～90	172	132							—						
GL11	4000	250	1500	75	142	107	24A	38.1	16	231.49	24.0	21.5	35	60	270×195	39.2	0.76	5.7	
				80～95	172	132							10						
				100	212	167							—						
GL12	6300	250	1250	85～95	172	132	28A	44.45	16	270.08	24.0	24.9	20	170	310×205	59.4	0.88	6.6	
				100～120	212	167							—						
GL13	10000	200	1120	100～125	212	167	32A	50.8	18	340.80	30.0	28.6	14	200	380×230	86.5	1.0	7.6	
				130、140	252	202							—						
GL14	16000	200	1000	120、125	212	167	32A	50.8	22	405.22	30.0	28.6	14	220	450×250	150.8			
				130～150	252	202							—						
				160	302	242							—						
GL15	2500	200	900	140、150	252	202	40A	63.5	20	466.25	36.0	35.6	18	280	510×285	234.4	1.27	9.5	
				160～180	302	242							—						
				190	352	282							—						

注：1. 有罩壳时，型号后加“F”即为 GLF。

2. 径向位移量的测量部位，在半联轴器轮毂外圆宽度的 1/2 处。

12.2.2.2　鼓形齿式联轴器

鼓形齿式联轴器的结构如图 12-2～图 12-5 所示，其基本参数和主要尺寸见表 12-16。

表 12-16　GⅠCL、GⅠCLZ 型鼓形齿式联轴器的基本参数和主要尺寸（根据 JB/T 8854.3—2001）　（mm）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 L		D	D_1	D_2	D_3	B	A	GⅠCL		C	e	转动惯量①/(kg·m^2)	润滑脂用量①/mL	质量①/kg	许用径向位移 ΔY
				GⅠCL GⅠCLZ Y 型	GⅠCL J、Z_1 型							C_1	C_2						
GⅠCL1 / GⅠCLZ1	630	4000	16、18、19	42	—	125	95	60	80	57	37	—	—	20	30	0.01 / 0.01	55 / 30	5.9 / 5.4	1.96
			20、22、24	52	38							—	24	10					
			25、28	62	44							—	19	2.5					
			30、32*、35*、38*	82	60							15	22						
			40*、42*、45*、48*、50*	112	—							—	—						
GⅠCL2 / GⅠCLZ2	1120	4000	25、28	62	44	144	120	75	95	67	44	—	29	10.5	30	0.02 / 0.02	100 / 60	9.7 / 9.2	2.36
			30、32、35、38	82	60							12.5	30	2.5					
			40、42*、45*、48*、50*、55*、56*	112	84							13.5	28						
			60*	142	—							—	—						
GⅠCL3 / GⅠCLZ3	2240	4000	30、32、35、38	82	60	174	140	95	115	77	53	24.5	25	3	30	0.05 / 0.04	140 / 80	17.2 / 16.4	2.75
			40、42、45、48、50、55、56	112	84							17	28						
			60、63*、65*、70*	142	107							17	35						
GⅠCL4 / GⅠCLZ4	3550	3600	32、35、38	82	60	196	165	115	130	89	62	37	32	14	30	0.09 / 0.08	170 / 90	24.9 / 22.7	3.27
			40、42、45、48、50、55、56	112	84							17	28	3					
			60、63*、65*、70*、71*、75*	142	107							17	35						
			80*	172	—							—	—						
GⅠCL5 / GⅠCLZ5	5000	3300	40、42、45、48、50、55、56	112	84	224	183	130	150	99	71	25	28	3	30	0.17 / 0.15	270 / 140	38 / 36.2	3.8
			60、63、65、70、71、75	142	107							20	25						
			80、85*、90*	172	132							22	43						
GⅠCL6 / GⅠCLZ6	7100	3000	48、50、55、56	112	84	241	200	145	170	109	80	35	35	6	30	0.27 / 0.24	380 / 200	48.2 / 46.2	4.3
			60、63、65、70、71、75	142	107							20	35	4					
GⅠCL6 / GⅠCLZ6	7100	3000	80、85*、90*、95*	172	132	241	200	145	170	109	80	22	43	4	30	0.27 / 0.24	380 / 200	48.2 / 46.2	4.3
			100*	212	—							—	—						
GⅠCL7 / GⅠCLZ7	10000	2680	60、63、65、70、71、75	142	107	265	230	160	190	122	90	25	35	4	30	0.45 / 0.43	570 / 290	68.9 / 68.4	4.7
			80、85、90、95	172	132							22	43						
			100、110*、120*	212	167								48						
GⅠCL8 / GⅠCLZ8	14000	2500	65、70、71、75	142	107	285	245	175	210	132	96	35	35	5	30	0.65 / 0.61	660 / 350	83.3 / 81.1	5.24
			80、85、90、95	172	132							22	43						
			100、110*、120*	212	167								48						
			130*	252	—							—	—						
GⅠCL9 / GⅠCLZ9	18000	2350	70、71、75	142	107	314	270	200	225	142	104	45	45	10	30	1.04 / 0.94	700 / 370	110 / 100.1	5.63
			80、85、90、95	172	132							22	43	5					
			100、110、120	212	167								49						
			130*、140*	252	—							—	—						

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 L		D	D_1	D_2	D_3	B	A	GⅠCL		C	e	转动惯量①/(kg·m^2)	润滑脂用量①/mL	质量①/kg	许用径向位移 ΔY
				GⅠCL GⅠCLZ Y型	GⅠCL J、Z_1型							C_1	C_2						
GⅠCL10/GⅠCLZ10	31500	2150	80、85、90、95	172	132	346	300	220	250	165	124	43	43	5	30	1.88/1.67	900/500	157/147.1	6.81
			100、110、120、125	212	167							22	49						
			130、140*、150*	252	202							29	54						
			160*、170*、180*	302	—							—	—						
GⅠCL11/GⅠCLZ11	40000	1880	100、110、120	212	167	385	330	260	285	180	133	29	49	6	40	3.28/2.98	1200/650	217/206.3	7.46
			130、140、150	252	202								54						
			160、170*、180*	302	242								64						
GⅠCL12/GⅠCLZ12	56000	1680	120	212	167	442	380	290	325	208	156	57	57	6	40	5.08/5.31	2000/1100	305/284.5	8.77
			130、140、150	252	202							29	55						
GⅠCL12/GⅠCLZ12	56000	1680	160、170、180*	302	242	442	380	290	325	208	156	29	68	6	40	5.08/5.31	2000/1100	305/284.5	8.77
			190*、200*	352	—							—	—						
GⅠCL13/GⅠCLZ13	80000	1530	140、150	252	202	482	420	320	360	238	182	54	57	7	40	10.06/9.16	3000/1600	419/402	10.08
			160、170、180	302	242							32	70						
			190、200*、220*	352	282								80						
GⅠCL14/GⅠCLZ14	112000	1300	160、170、180	302	242	520	465	360	410	266	207	42	70	8	40	16.774/15.92	4500/2300	594/582.2	11.15
			190、200、210、220*	352	282							32	80						
			240*、250*	410	—							—	—						
GⅠCL15/GⅠCLZ15	160000	1180	190、200、220	352	282	590	510	400	450	278	214	34	80	10	40	26.55/25.9	5000/2600	783/778.2	11.36
			240、250*、260*	410	330							38	—						
			280*	470	—							—	—						
GⅠCL16/GⅠCLZ16	250000	1000	200、220	352	282	680	595	465	500	320	250	58	80	10	50	52.22/46.89	8000/4100	1134/1071	13.3
			240、250、260	410	330							38	—						
			280、300*、320*	470	380														
GⅠCL17/GⅠCLZ17	280000	980	220	352	282	728	645	495	530	336	256	74	80	10	50	69/60.59	10000/5100	1305/1210	13.87
			240、250、260	410	330							39	—						
			280、290、300*、320*	470	380														
GⅠCL18/GⅠCLZ18	355000	900	240、250、260	410	330	782	675	520	540	351	262	46	—	10	50	96.16/81.75	11000/6000	1626/1475	14.53
			280、300、310、320*	470	380							41							
			340*	550	—							—							
GⅠCL19/GⅠCLZ19	450000	830	260	410	330	815	715	560	580	372	280	67	—	10	50	115.6/101.57	13000/6700	1773/1603	15.71
			280、300、320	470	380							41							
			340、360*	550	450														
GⅠCL20/GⅠCLZ20	500000	790	280、300、320	470	380	855	755	585	600	393	297	44	—	13	50	167.41/140.03	16000/8100	2263/2033	16.49
			340、350、360*、380*	550	450														

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 L GⅠCL GⅠCLZ Y型	轴孔长度 L GⅠCL J、Z_1 型	D	D_1	D_2	D_3	B	A	GⅠCL C_1	GⅠCL C_2	C	e	转动惯量①/(kg·m^2)	润滑脂用量①/mL	质量①/kg	许用径向位移 ΔY
GⅠCL21 / GⅠCLZ21	630000	750	300、320	470	380	915	795	625	640	404	305	59	—	13	50	215.7 / 183.5	20000 / 10500	2593 / 2385	17.02
			340、360、370、380*	550	450							44							
			400*	650	—							—							
GⅠCL22 / GⅠCLZ22	710000	720	340、360、380	550	450	690	840	665	680	415	316	44	—	13	60	278.07 / 235.04	26000 / 14000	3036 / 2452	17.28
			400	650	540														
GⅠCL23 / GⅠCLZ23	800000	680	360、380	550	450	1010	890	710	720	435	333	44	—	13	60	379.4 / 323.16	29000 / 15000	3668 / 3332	18.06
			400、410、420*、450*	650	540							48							
GⅠCL24 / GⅠCLZ24	1000000	650	380	550	450	1050	925	730	760	445	342	46	—	15	60	448.1 / 387.97	32000 / 16500	3946 / 3639	18.6
			400、420、440、450*、480*	650	540							50							
GⅠCL25 / GⅠCLZ25	1120000	610	400、420、450、470、480*、500*	650	540	1120	975	770	800	465	362	50	—	15	60	564.64 / 485.96	34000 / 18000	4443 / 4073	19.4
GⅠCL26 / GⅠCLZ26	1250000	580	420、450、480、490、500*	650	540	1160	990	800	850	475	366	50	—	15	60	637.4 / 573.64	37000 / 19000	4791 / 4527	19.9
			530*	800	—														
GⅠCL27 / GⅠCLZ27	1400000	560	450、480、500	650	540	1210	1060	850	900	479	369	50	—	15	70	866.26 / 789.74	45000 / 23000	5758 / 5485	19.92
			530、560*	800	680														
GⅠCL28 / GⅠCLZ28	1600000	540	480、500	650	540	1250	1080	890	960	517	402	55	—	20	70	1020.76 / 960.26	47000 / 24000	6232 / 6050	21.2
			530、550、560*、600*	800	680														
GⅠCL29 / GⅠCLZ29	2240000	520	500	650	540	1340	1200	960	1010	517	396	57	—	20	80	1450.84 / 1268.98	50000 / 26000	7549 / 7090	21.1
			530、560、590*、600*、630*	800	680							55							
GⅠCL30 / GⅠCLZ30	2800000	500	560、600、620、630*	800	680	1390	1240	1005	1070	525	403	55	—	20	80	1974.17 / 1822.02	59000 / 30000	9541 / 9264	21.7
			670*	900	—							—							

注：1. 联轴器质（重）量和转动惯量是按各型号中轴孔最小直径和最大长度计算的近似值。

2. 表中标记“*”号的轴孔尺寸只适合于GⅠCLZ型的 d_2 选用。

3. GⅠCLZ型无 d_z 轴孔。带有制动轮、接中间套等其他结构与尺寸见生产厂样本。

4. 推荐选用 J_1 型轴孔长度。

5. 生产厂：宁波市东钱湖区、宁波伟隆传动机械有限公司。浙江乐清联轴器厂。

① 上面一行数字为GⅠCL型、下面一行数字为GⅠCLZ型的值。

表 12-17 GⅡCL 型、GⅡCLZ 型鼓形齿式联轴器的基本参数和主要尺寸（根据 JB/T 8854.2—2001） （mm）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔 L 直径 d_1、d_2	轴孔长度 L		D	D_1	D_2	D_3	C	H	A	B	e	GⅡCL			GⅡCLZ			许用径向位移 ΔY
				Y 型	J_1 型										转动惯量/(kg·m^2)	润滑脂用量/mL	质量/kg	转动惯量/(kg·m^2)	润滑脂用量/mL	质量/kg	
GⅡCL1/GⅡCLZ1	400	4000	16、18、19	42	—	109	71	50	71	8	2	36①/18	76①/38	38	0.014	51	5.1	0.016	31	3.5	1.0
			20、22、24	52	38										0.014		3	0.015		3.3	
			25、28	62	44										0.014		3.1	0.016		3.5	
			30、32、35、38*	82	60										0.015		3.6	0.020		4.1	
			40*、42*、45*、48*、50*	112	84										—		—	0.028		5.7	
GⅡCL2/GⅡCLZ2	710	4000	20、22、24	52	38	120	83	60	83	8	2	42/21	88/44	42	0.023	70	4.9	0.027	42	5.3	1.0
			25、28	62	44										0.022		4.5	0.025		4.8	
			30、32、35、38	82	60										0.024		5.1	0.028		5.7	
			40、42、45、48*、50*、55*、56*	112	84										0.027		6.2	0.032		7.2	
			60*	142	107										—		—	0.040		9.2	
GⅡCL3/GⅡCLZ3	1120	4000	22、24	52	38	133	95	75	95	8	2	44/22	90/45	42	0.042	68	7.5	0.036	42	3.8	1.1
			25、28	62	44										0.040		7	0.044		7.8	
			30、32、35、38	82	60										0.040		6.9	0.044		7.6	
			40、42、45、48、50、55、56*	112	84										0.045		8.6	0.053		9.8	
			60*、63*、65*、70*	142	107										—		—	0.067		12.5	
GⅡCL4/GⅡCLZ4	1800	4000	38	82	60	149	116	90	116	8	2	49/24.5	98/49	42	0.080	87	10.1	0.085	53	10.5	1.2
			40、42、45、48、50、55、56	112	84										0.089		12.2	0.102		13.5	
			60、63、65、70*、71*、75*	142	107										0.098		14.5	0.156		16.5	
			80*	172	132										—		—	0.195		19.4	
GⅡCL5/GⅡCLZ5	3150	4000	40、42、45、48、50、55、56	112	84	167	134	105	134	10	2.5	55/27.5	108/54	42	0.151	125	16.4	0.176	77	18.1	1.4
			60、63、65、70、71、75	142	107										0.173		19.6	0.207		23.1	
			80*、85*、90*	172	132										—		—	0.250		28.5	
GⅡCL6/GⅡCLZ6	5000	4000	45、48、50、55、56	112	84	187	153	125	153	10	2.5	56/28	110/55	42	0.265	148	22.1	0.300	91	23.9	1.4
			60、63、65、70、71、75	142	107										0.300		26.5	0.356		29.3	
			80、85、90、95*	172	132										0.337		31.2	0.417		35.4	
			100*	212	167										—		—	0.426		36.2	
GⅡCL7/GⅡCLZ7	7100	3750	50、55、56	112	84	204	170	140	170	10	2.5	60/30	118/59	42	0.405	175	27.6	0.458	108	29.6	1.5
			60、63、65、70、71、75	142	107										0.460		33.1	0.534		36.3	
			80、85、90、95	172	132										0.519		39.2	0.628		43.8	

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min⁻¹)	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 L Y型	轴孔长度 L J_1型	D	D_1	D_2	D_3	C	H	A	B	e	GⅡCL 转动惯量/(kg·m²)	GⅡCL 润滑脂用量/mL	GⅡCL 质量/kg	GⅡCLZ 转动惯量/(kg·m²)	GⅡCLZ 润滑脂用量/mL	GⅡCLZ 质量/kg	许用径向位移 ΔY
GⅡCL7/GⅡCLZ7	7100	3750	100、110*	212	167	204	170	140	170	10	2.5	60/30	118/59	42	0.602	175	47.5	0.76	108	54.3	1.5
GⅡCL8/GⅡCLZ8	10000	3300	55、56	112	84	230	186	155	186	12	3	67/33.5	142/71	47	0.668	268	35.5	0.734	161	37.8	1.7
			60、63、65、70、71、75	142	107										0.750		42.3	0.86		46.1	
			80、85、90、95	172	132										0.839		49.7	1.00		54.9	
			100、110、120*、125*	212	167										0.964		60.2	1.19		67.4	
GⅡCL9/GⅡCLZ9	16000	3000	60、63、65、70、71、75	142	107	260	212	180	212	12	3	69/34.5	146/37	47	1.264	310	55.6	1.43	184	60	1.8
			80、85、90、95	172	132										1.425		65.6	1.66		71.8	
			100、110、120、125	212	167										1.652		79.6	2.00		88	
			130、140*、150*	252	202										1.878		95.8	2.3		104.4	
GⅡCL10/GⅡCLZ10	22400	2650	65、70、71、75	142	107	292	239	200	239	14	3.5	78/39	164/82	47	2.05	472	72	2.32	276	76.1	2.0
			80、85、90、95	172	132										2.30		84.4	2.69		91.1	
			100、110、120、125	212	167										2.64		101	3.21		111.5	
			130、140、150	252	202										2.98		119	3.74		133.5	
GⅡCL11/GⅡCLZ11	35500	2350	70②、71②、75②	142	107	325	276	235	250	14	3.5	81/40.5	170/85	47	5.81	550	97	—	322	—	2.1
			80②、85②、90②、95②	172	132										4.94		114	—		—	
			100②、110②、120②、125②	212	167										4.94		138	4.90		—	
			130、140、150	252	202										5.60		161	5.64		162	
			160、170	302	242										6.35		189	6.5		193	
GⅡCL12/GⅡCLZ12	50000	2100	75②	142	107	362	313	270	286	16	4	80/44.5	190/95	49	6.49	695	128	—	404	—	2.3
			80②、85②、90②、95②	172	132										7.31		150	—		—	
			100②、110②、120②、125②	212	167										8.45		205	—		—	
			130、140、150	252	202										9.6		213	9.56		213	
			160、170	302	242										10.91		248	11.05		268	
			190、200	352	282										12.2		285	12.37		290	
GⅡCL13/GⅡCLZ13	71000	1850	150	252	202	412	350	300	322	18	4.5	98/49	208/104	49	15.70	1019	269	15.72	585	272	2.6
			160、170、180	302	242										17.70		315	18.14		320	
			190、200、220	352	282										19.70		360	25.36		370	
GⅡCL14/GⅡCLZ14	112000	1650	170、180	302	242	468	420	335	420	22	5.5	172/86	296/148	63	32.10	3900	421	27.6	1600	389	4.5
			190、200、220	352	282										35.2		476	30.7		438	
			240、250	410	330										38.9		544	34.4		509	
GⅡCL15/GⅡCLZ15	180000	1500	190、200、220	352	282	512	470	380	470	22	5.5	182/91	316/158	63	57.2	3700	608	49.7	2100	566	4.8
			240、250、260	410	330										63.4		696	55.9		650	
			280	470	380										69.8		786	62.3		740	

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 L Y型	轴孔长度 L J_1型	D	D_1	D_2	D_3	C	H	A	B	e	GⅡCL 转动惯量/(kg·m^2)	GⅡCL 润滑脂用量/mL	GⅡCL 质量/kg	GⅡCLZ 转动惯量/(kg·m^2)	GⅡCLZ 润滑脂用量/mL	GⅡCLZ 质量/kg	许用径向位移 ΔY
GⅡCL16	250000	1300	220	352	282	580	522	430	522	28	7	209	354	67	95.7	4500	799	84.8	2500	751	5.3
GⅡCLZ16			240、250、260	410	330							104.5	177		105.8		913	94.9		857	
			280、300、320	470	380										116.4		1027	105.4		974	
GⅡCL17	355000	1200	250、260	410	330	644	582	490	582	28	7	198	364	67	172.3	4900	1176	155	2700	1110	5.4
GⅡCLZ17			280、300、320	470	380							99	182		190.1		1322	173		1255	
			340、360	550	450										214.9		1532	198		1465	
GⅡCL18	500000	1050	280、300、320	470	380	726	658	540	658	28	8	222	430	75	314.1	7000	1698	278	3900	1580	5.8
GⅡCLZ18			340、360、380	550	450							111	215		351		1948	315		1830	
			400	650	540										398		2278	362		2160	
GⅡCL19	710000	950	300、320	470	380	818	748	630	748	32	8	232	440	75	547	8900	2249	490	5000	2115	6.0
GⅡCLZ19			340、360、380	550	450							116	220		615		2591	558		2457	
			400、420、440、450、460	650	540										702		3026	645		2892	
GⅡCL20	1000000	800	360、380	550	450	928	838	720	838	32	10.5	247	470	75	1047	11000	3384	960	6200	3223	6.4
GⅡCLZ20			400、420、440、450、460	650	540							123.5	235		1196		3984	1109		3793	
			480、500	650	540										1196		3984	1109		3793	
			530	800	680										1443		4430	1340		4680	
GⅡCL21	1400000	750	400、420、440、450、460	650	540	1022	928	810	928	40	11.5	255	490	75	1875	13000	4977	1740	700	4780	6.6
GⅡCLZ21			480、500	650	540							127.5	245		1875		4977	1740		4780	
			530、560、600	800	680										2246		6152	2111		5905	
GⅡCL22	1800000	650	450、460、480、500	650	540	1134	1036	915	1036	40	13	262	510	75	3015	16000	6318	2805	8700	6069	6.8
GⅡCLZ22			530、560、600、630	800	680							131	255		3619		7738	2805		6069	
			670	900	780													3409		7504	
GⅡCL23	2500000	600	530、560、600、630	800	680	1282	1178	1035	1178	50	14.5	299	580	80	6068	28000	10013	5663	15000	9633	8.0
GⅡCLZ23			670、710、750	900	780							149.5	290		6900		11553	6555		11133	
GⅡCL24	3550000	550	560、600、630	800	680	1428	1322	1175	1322	50	16.5	317	610	80	9944	33000	12915	9322	18000	12460	8.4
GⅡCLZ24			670、700、710、750	900	780							158.5	305		11353		15015	10731		14465	
			800、850	1000	880										12527		16615	11905		16110	
GⅡCL25	5000000	460	670、71、750	900	780	1644	1538	1390	1538	50	19	325	620	80	20697	43000	19837	20697	23000	19837	8.5
GⅡCLZ25			800、850	1000	880							162.5	310		23346		22381	23346		22381	
			900、950	—	980										25652		24765	25652		24765	
			1000	—	1100										28793		27797	28793		27797	

注：1. 转动惯量与质（重）量按 J_1 型轴伸计算并包括轴伸在内。

2. 轴孔直径栏中标注“*”号的轴孔尺寸，只适用 GⅡCLZ 型的 d_2 选用。

3. 轴孔长度推荐选用 J_1 型轴伸系列。带有制动轮或接中间套等其他结构与尺寸见生产厂样本。

4. 生产厂：宁波市东钱湖区、宁波伟隆传动机械有限公司。浙江乐清，柳市镇乐清联轴器厂。

① 上面一行数字为 GⅡCL 型，下面一行数字为 GⅡCLZ 型的值。

② 仅适用 GⅡCL 型。

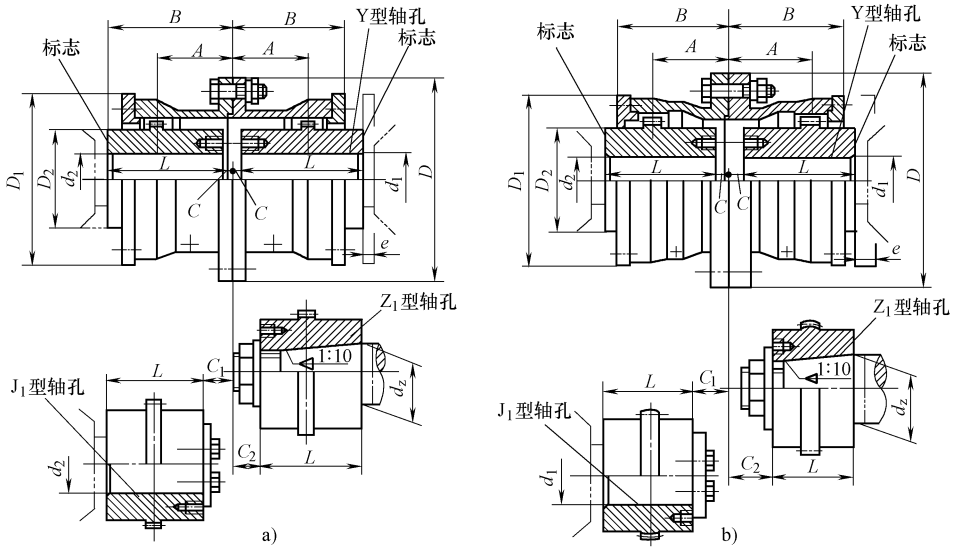


图 12-2　G Ⅰ CL 型鼓形齿式联轴器

a）G Ⅰ CL1 ~ G Ⅰ CL14 型　b）G Ⅰ CL15 ~ G Ⅰ CL30 型

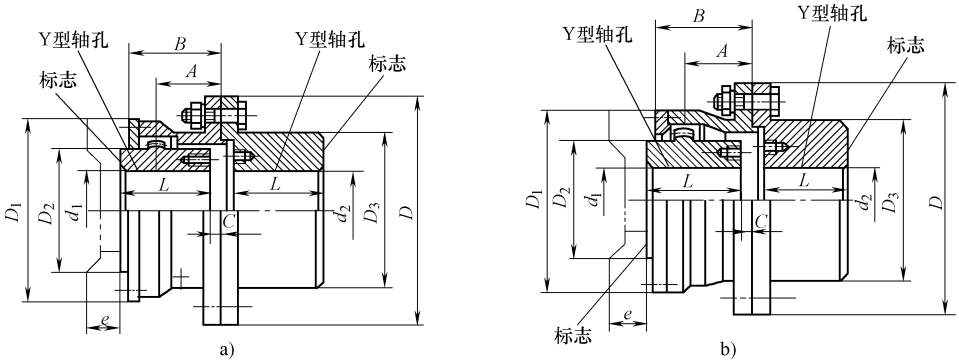


图 12-3　G Ⅰ CLZ 型鼓形齿式联轴器

a）G Ⅰ CLZ1 ~ G Ⅰ CLZ14 型　b）G Ⅰ CLZ15 ~ G Ⅰ CLZ30 型

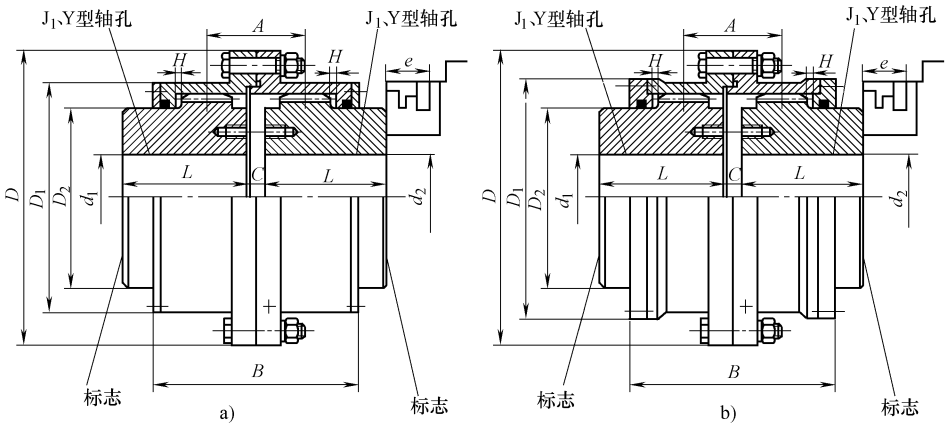


图 12-4　G Ⅱ CL 型鼓形齿式联轴器

a）G Ⅱ CL1 ~ G Ⅱ CLZ13 型　b）G Ⅱ CL14 ~ G Ⅱ CLZ25 型

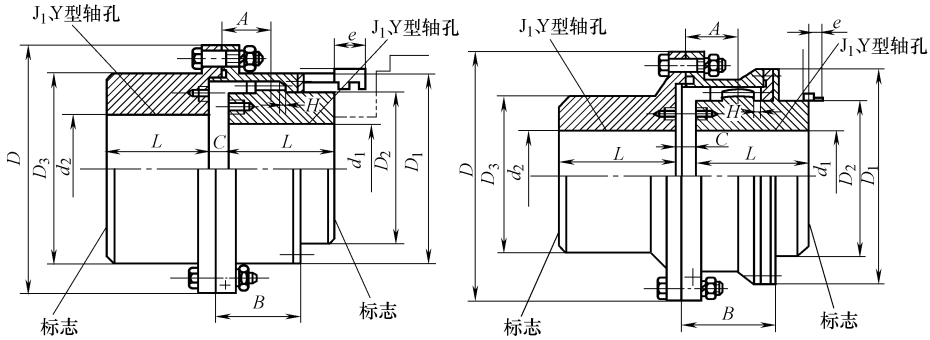
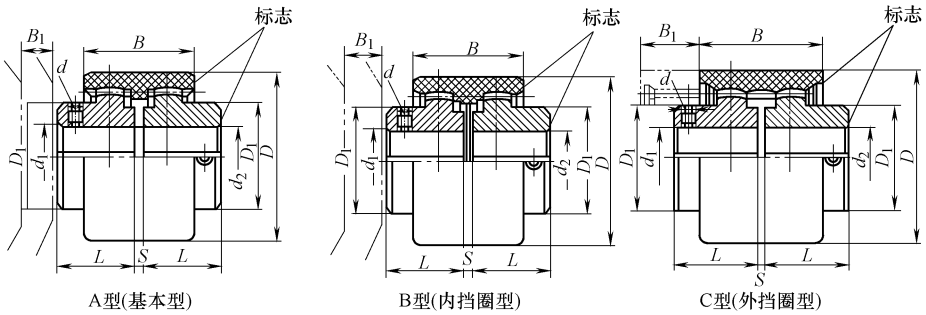


图 12-5　G Ⅱ CLZ 型鼓形齿式联轴器

a）G Ⅱ CLZ1 ~ G Ⅱ CLZ13 型　b）G Ⅱ CLZ14 ~ G Ⅱ CLZ25 型

表 12-18　TGL 鼓形齿式联轴器（JB/T 5514—2007）　　（mm）



标记示例：TGLA4 鼓形齿式联轴器

主动端：J_1 型轴孔，A 型键槽，d_1 = 20mm，L = 38mm

从动端：J_1 型轴孔，A 型键槽，d_1 = 28mm，L = 44mm

TGLA4 联轴器 $\frac{J_1 20\times38}{J_2 28\times44}$ JB/T 5514—2007

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 J_1 型 L	D A 型 B 型	D C 型	D_1	B A 型 B 型	B C 型	B_1 A 型 B 型	B_1 C 型	S	d	质量/kg A 型 B 型	质量/kg C 型	转动惯量/(kg·m²) A 型 B 型	转动惯量/(kg·m²) C 型
TGLA1 TGLB1	10	10000	6,7	16	40	—	25	38	—	17	—	4	—	0.200	—	0.00003	—
			8,9	20									M5				
			10,11	22													
			12,14	27													
TGLA2 TGLB2	16	9000	8,9	20	48	—	32	38	—	17	—	4	M5	0.278	—	0.00006	—
			10,11	22													
			12,14	27													
			16,18,19	30													

（续）

型号	公称转矩 T_n/（N·m）	许用转速 [n]/（r·min^{-1}）	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 J_1 型 L	D A型 B型	D C型	D_1	B A型 B型	B C型	B_1 A型 B型	B_1 C型	S	d	质量/kg A型 B型	质量/kg C型	转动惯量/(kg·m^2) A型 B型	转动惯量/(kg·m^2) C型
TGLA3 TGLB3 TGLC3	31.5	8500	10,11	22	56	58	36	42	52	19	—	4	M5	0.482	0.533	0.00012	0.00015
			12,14	27							24						
			16,18,19	30													
			20,22,24	38													
TGLA4 TGLB4 TGLC4	45	8000	12,14	27	66	70	45	46	—	21	26	4	M8	0.815	0.869	0.00033	0.0004
			16,18,19	30					56								
			20,22,24	38													
			25,28	44													
TGLA5 TGLB5 TGLC5	63	7500	14	27	75	85	50	48	—	22	27	4	M8	1.39	1.52	0.00072	0.00088
			16,18,19	30					58								
			20,22,24	38													
			25,28	44													
			30,32	60													
TGLA6 TGLB6 TGLC6	80	6700	16,18,19	30	82	90	58	48	58	22	27	4	M8	2.02	2.15	0.0012	0.0015
			20,22,24	38													
			25,28	44													
			30,32,35,38	60													
TGLA7 TGLB7 TGLC7	100	6000	20,22,24	38	92	100	65	50	60	23	28	4	M8	3.01	3.14	0.0024	0.0027
			25,28	44													
			30,32,35,38	60													
			40,42	84													
TGLA8 TGLB8 TGLC8	140	5600	22,24	38	100	100	72	50	60	23	28	4	M8	4.06	4.18	0.0037	0.0039
			25,28	44													
			30,32,35,38	60													
			40,42,45,48	84													
TGLA9 TGLB9 TGLC9	355	4000	25,28	44	140	140	96	72	85	34	41	4	M10	8.25	8.51	0.0155	0.0166
			30,32,35,38	60													
			40,42,45,48 50,55,56	84													
			60,63,65,70	107													
TGLA10 TGLB10 TGLC10	710	3150	30,32,35,38	60	175	175	128	95	95	45	45	6	M10	16.92	17.10	0.0520	0.0535
			40,42,45,48 50,55,56	84													
			60,63,65,70 71,75	107													
			80,85	132													
TGLA11 TGLB11 TGLC11	1250	3000	40,42,45,48 50,55,56	84	210	210	165	102	102	48	48	8	M10	34.26	34.56	0.1624	0.165
			60,63,65,70 71,75	107													
			80,85,90,95	132													
			100,110	167													

（续）

型号	公称转矩 T_n/（N·m）	许用转速 [n]/（r·min^{-1}）	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 J$_1$ 型 L	D A 型 B 型	D C 型	D_1	B A 型 B 型	B C 型	B_1 A 型 B 型	B_1 C 型	S	d	质量/kg A 型 B 型	质量/kg C 型	转动惯量/(kg·m^2) A 型 B 型	转动惯量/(kg·m^2) C 型
TGLA12 TGLB12 TGLC12	2500	2120	50,55,56	84	270	270	192	135	135	63	63	10	M16	66.42	66.86	0.4674	0.4731
			60,63,65,70 71,75	107													
			80,85,90,95	132													
			100,110,120, 125	167													

注：1. 瞬时过载转矩不得大于联轴器公称转矩的 2 倍。

2. 质（重）量和转动惯量是各型号中最大值的近似计算值。

3. B_1 是保证原动机或工作机安装所必需的最小尺寸。

4. 推荐 TGL10 ~ TGL12 采用 B 型。

5. 联轴器许用相对位移：轴向 $\Delta X = \pm 1$mm，角向 $\Delta\alpha$（每半联轴器）= 1°，径向 ΔY：TGL1 ~ 2ΔY = 0.3，TGL3 ~ 8ΔY = 0.4，TGL9 ~ 12ΔY 分别为 0.6、0.7、0.8、1.1；

6. 尼龙内齿圈的使用寿命不低于 2 年，工作环境温度为 −20 ~ 80℃。

表 12-19　鼓形齿的许用应力

材　料	硬　度 HBW	硬　度 HRC	许用接触应力 [σ_H]/MPa	许用切应力 [τ]/MPa
钢	≤250		0.72HBW	210
	250 ~ 350	33 ~ 38	0.62HBW	280
淬火钢		40 ~ 57	4.7 HRC	315
渗碳钢		56 ~ 64	4.9HRC	350

注：当 m > 8 时，应将表值乘以 0.95。

12.2.2.3　万向联轴器

1. WS、WSD 型十字轴万向联轴器

WS、WSD 型十字轴万向联轴器的结构如图 12-6、图 12-7 所示，相关参数见表 12-20。

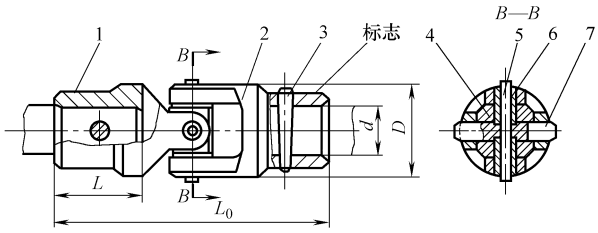


图 12-6　WSD 型十字轴万向联轴器

1、2—半联轴器　3—圆锥销　4—十字轴　5—销钉

6—套筒　7—圆柱销

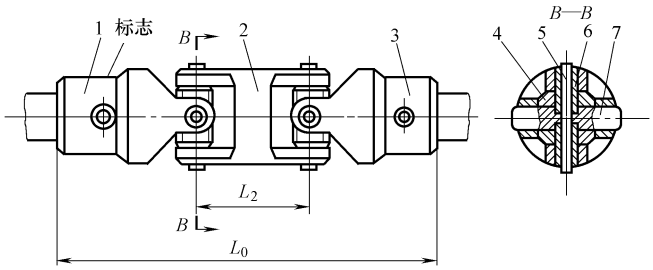


图 12-7　WS 型十字轴万向联轴器

1、3—半联轴器　2—叉形接头　4—十字轴　5—销钉　6—套筒　7—圆柱销

表 12-20　WS、WSD 型十字轴万向联轴器（JB/T 5901—1991）　　（mm）

型号	公称转矩 T_n /(N·m)	d/mm (H7)	D /mm	L_0/mm				L/mm		L_2 /mm	质量/kg				转动惯量 I/(kg·m²)			
				WSD 型		WS 型					WSD 型		WS 型		WSD 型		WS 型	
				Y 型	J_1 型	Y 型	J_1 型	Y 型	J_1 型		Y 型	J_1 型	Y 型	J_1 型	Y 型	J_1 型	Y 型	J_1 型
WS1 WSD1	11.2	8	16	60	—	80	—	20	—	20	0.23	—	0.32	—	0.06	—	0.08	—
		9																
		10		66	60	86	80	25	22			0.2		0.29		0.05		0.07
WS2 WSD2	22.4	10	20	70	64	96	90			26	0.64	0.57	0.93	0.88	0.1	0.09	0.15	0.15
		11																
		12		84	74	110	100	32	27									
WS3 WSD3	45	12	25	90	80	122	112			32	1.45	1.3	2.1	1.95	0.17	0.15	0.24	0.22
		14																
WS4 WSD4	71	16	32	116	82	154	130	42	30	38	5.92	4.86	8.56	0.48	0.39	0.32	0.56	0.49
		18																
WS5 WSD5	140	19	40	144	116	192	164			48	16.3	12.9	24	20.6	0.72	0.59	1.04	0.91
		20						52	38									
		22																
WS6 WSD6	280	24	50	152	124	210	182			58	45.7	36.7	68.9	59.7	1.28	1.03	1.89	1.64
		25		172	136	330	194	62	44									
		28																
WS7 WSD7	560	30	60	226	182	296	252	82	60	70	148	117	207	177	2.82	2.31	3.9	3.38
		32																
		35																
WS8 WSD8	1120	38	75	240	196	332	288			92	396	338	585	525	5.03	4.41	7.25	6.63
		40		300	244	392	336	112	84									
		42																

注：1. 表中联轴器质量、转动惯量是近似值。

2. 当轴线夹角 $\beta \neq 0$ 时，联轴器的许用转矩 $T_p = T_n \cos\beta$。

3. 中间轴尺寸 L_2 可根据需要选取。

2. SWC 型整体叉头十字轴式万向联轴器

SWC 型整体叉头十字轴式万向联轴器的结构形式如图 12-8 所示，相关参数见表 12-21 ~ 表 12-28，均摘自 JB/T 5513—2006。

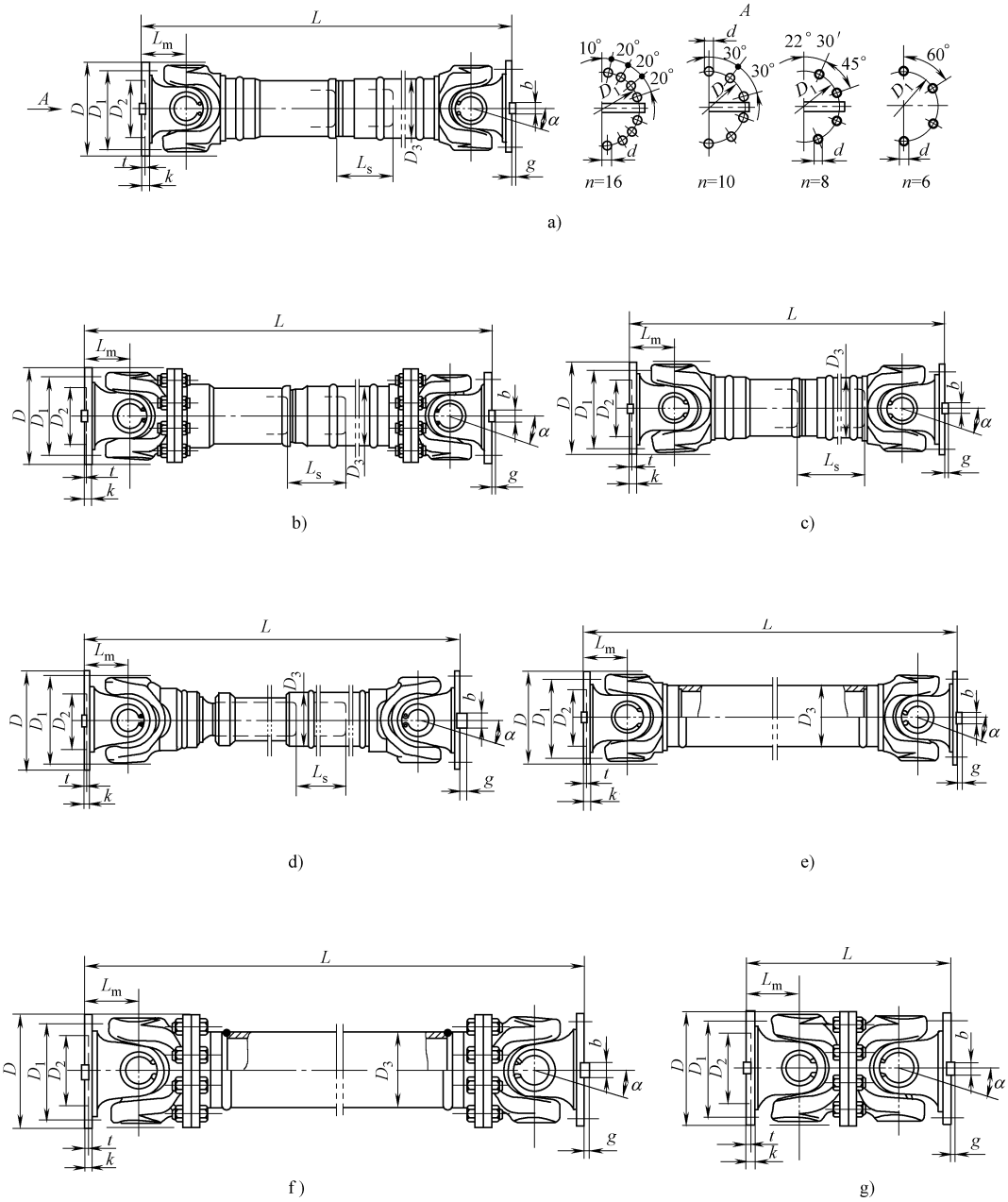


图 12-8　SWC 型十字轴万向联轴器

a）BH 型标准伸缩焊接式　b）BF 型标准伸缩法兰式　c）DF 型短伸缩焊接式

d）CH 型长伸缩焊接式　　e）WH 型无伸缩焊接式　f）WF 型无伸缩法兰式

g）WD 型无伸缩短式

注：图 12-8b、c、d、e、f、g 的法兰螺孔分布见图 12-8a 的 *A* 向视图

表 12-21　BH 型——标准伸缩焊接式万向联轴器基本参数和主要尺寸

型　号	回转直径 D /mm	公称转矩 T_n /(kN·m)	疲劳转矩 T_f /(kN·m)	轴承寿命系数 K_L	轴线折角 β /(°)	伸缩量 L_s /mm	尺寸/mm										转动惯量 /(kg·m²)		质量 /kg	
							L_{min}	D_1 (js11)	D_2 (H7)	D_3	L_m	$n\times\phi d$	k	t	b (h9)	g	L_{min}	增长 100mm	L_{min}	增长 100mm
SWC100BH	100	2.5	1.25	5.795×10^{-4}	≤25	55	405	84	57	60	55	$6\times\phi9$	7	2.5	—	—	0.004	0.0002	6.1	0.35
SWC120BH	120	5	2.5	4.641×10^{-3}	≤25	80	485	102	75	70	65	$8\times\phi11$	8	2.5	—	—	0.011	0.0004	10.8	0.55
SWC150BH	150	10	5	0.51×10^{-1}	≤25	80	590	130	90	89	80	$8\times\phi13$	10	3	—	—	0.042	0.0016	24.5	0.85
SWC180BH	180	22.4	11.2	0.245	≤15	100	840	155	105	114	110	$8\times\phi17$	17	5	24	7	0.175	0.007	70	2.8
SWC200BH	200	36	18	1.115	≤15	110	860	170	120	133	115	$8\times\phi17$	17	5	28	8	0.314	0.013	98	3.7
SWC225BH	225	56	28	7.812	≤15	140	920	196	135	152	120	$8\times\phi17$	20	5	32	9	0.538	0.023	122	4.9
SWC250BH	250	80	40	2.82×10^{1}	≤15	140	1035	218	150	168	140	$8\times\phi19$	25	6	40	12.5	0.966	0.028	172	5.3
SWC285BH	285	120	58	8.28×10^{1}	≤15	140	1190	245	170	194	160	$8\times\phi21$	27	7	40	15	2.011	0.051	263	6.3
SWC315BH	315	160	80	2.79×10^{2}	≤15	140	1315	280	185	219	180	$10\times\phi23$	32	8	40	15	3.605	0.08	382	8
SWC350BH	350	225	110	7.44×10^{2}	≤15	150	1440	310	210	245	194	$10\times\phi23$	35	8	50	16	5.316	0.146	532	11.5
SWC390BH	390	320	160	1.86×10^{3}	≤15	170	1590	345	235	267	215	$10\times\phi25$	40	8	70	18	12.16	0.222	738	15
SWC440BH	440	500	250	8.25×10^{3}	≤15	190	1875	390	255	325	260	$16\times\phi28$	42	10	80	20	21.42	0.474	1190	21.7
SWC490BH	490	700	350	2.154×10^{4}	≤15	190	1985	435	275	351	270	$16\times\phi31$	47	12	90	22.5	34.10	0.690	1542	27.3
SWC550BH	550	1000	500	6.335×10^{4}	≤15	240	2300	492	320	426	305	$16\times\phi31$	50	12	100	22.5	68.92	1.37	2380	34

注：1. T_f——在交变负荷下按疲劳强度所允许的转矩。

2. L_{min}——缩短后的最小长度。

3. L——安装长度，按需要确定。

表 12-22　BF 型——标准伸缩法兰式万向联轴器基本参数和主要尺寸

型　号	回转直径 D /mm	公称转矩 T_n /(kN·m)	疲劳转矩 T_f /(kN·m)	轴承寿命系数 K_L	轴线折角 β /(°)	伸缩量 L_s /mm	尺寸/mm										转动惯量 /(kg·m²)		质量 /kg	
							L_{min}	D_1 (js11)	D_2 (H7)	D_3	L_m	$n\times\phi d$	k	t	b (h9)	g	L_{min}	增长 100mm	L_{min}	增长 100mm
SWC180BF	180	22.4	11.2	0.245	≤15	100	840	155	105	114	110	$8\times\phi17$	17	5	24	7	0.267	0.007	80	2.8
SWC200BF	200	36	18	1.115	≤15	110	860	170	120	133	115	$8\times\phi17$	17	5	28	8	0.505	0.013	109	3.7
SWC225BF	225	56	28	7.812	≤15	140	920	196	135	152	120	$8\times\phi17$	20	5	32	9	0.788	0.023	138	4.9
SWC250BF	250	80	40	2.82×10^{1}	≤15	140	1035	218	150	168	140	$8\times\phi19$	25	6	40	12.5	1.445	0.028	196	5.3
SWC285BF	285	120	58	8.28×10^{1}	≤15	140	1190	245	170	194	160	$8\times\phi21$	27	7	40	15	2.873	0.051	295	6.3
SWC315BF	315	160	80	2.79×10^{2}	≤15	140	1315	280	185	219	180	$10\times\phi23$	32	8	40	15	5.094	0.08	428	8
SWC350BF	350	225	110	7.44×10^{2}	≤15	150	1440	310	210	245	194	$10\times\phi23$	35	8	50	16	7.476	0.146	582	11.5

（续）

型号	回转直径 D /mm	公称转矩 T_n /(kN·m)	疲劳转矩 T_f /(kN·m)	轴承寿命系数 K_L	轴线折角 β /(°)	伸缩量 L_s /mm	尺寸/mm										转动惯量 /(kg·m²)		质量 /kg	
							L_{min}	D_1 (js11)	D_2 (H7)	D_3	L_m	$n\times\phi d$	k	t	b (h9)	g	L_{min}	增长 100mm	L_{min}	增长 100mm
SWC390BF	390	320	160	1.86×10^3	≤15	170	1590	345	235	267	215	$10\times\phi25$	40	8	70	18	16.62	0.222	817	15
SWC440BF	440	500	250	8.25×10^3	≤15	190	1875	390	255	325	260	$16\times\phi28$	42	10	80	20	28.24	0.474	1290	21.7
SWC490BF	490	700	350	2.154×10^4	≤15	190	1985	435	275	351	270	$16\times\phi31$	47	12	90	22.5	48.43	0.690	1721	27.3
SWC550BF	550	1000	500	6.335×10^4	≤15	240	2300	492	320	426	305	$16\times\phi31$	50	12	100	22.5	86.98	1.357	2567	34

注：1. T_f——在交变负荷下按疲劳强度所允许的转矩。

2. L_{min}——缩短后的最小长度。

3. L——安装长度，按需要确定。

表 12-23　DF 型——短伸缩焊接式万向联轴器基本参数和主要尺寸

型号	回转直径 D /mm	公称转矩 T_n /(kN·m)	疲劳转矩 T_f /(kN·m)	轴承寿命系数 K_L	轴线折角 β /(°)	伸缩量 L_s /mm	尺寸/mm										转动惯量 /(kg·m²)		质量 /kg	
							L_{min}	D_1 (js11)	D_2 (H7)	D_3	L_m	$n\times\phi d$	k	t	b (h9)	g	L_{min}	增长 100mm	L_{min}	增长 100mm
SWC180DH1	180	22.4	11.2	0.245	≤15	55	600	155	105	114	110	$8\times\phi17$	17	5	24	7	0.162	0.007	56	2.8
SWC180DH2						105	650										0.165		58	
SWC200DH1	200	36	18	1.115	≤15	60	620	170	120	133	115	$8\times\phi17$	17	5	28	8	0.261	0.013	74	3.7
SWC200DH2						120	680										0.276		76	
SWC225DH1	225	56	28	7.812	≤15	70	640	196	135	152	120	$8\times\phi17$	20	5	32	9	0.397	0.023	92	4.9
SWC225DH2						140	710										0.415		95	
SWC250DH1	250	80	40	2.82×10^1	≤15	70	735	218	150	168	140	$8\times\phi19$	25	6	40	12.5	0.885	0.028	136	5.3
SWC250DH2						130	795										0.9		148	
SWC285DH1	285	120	58	8.28×10^1	≤15	80	880	245	170	194	160	$8\times\phi23$	27	7	40	15	1.801	0.051	221	6.3
SWC285DH2						150	950										1.876		229	
SWC315DH1	315	160	80	2.79×10^2	≤15	90	980	280	185	219	180	$10\times\phi23$	32	8	40	15	3.163	0.08	334	8
SWC315DH2						180	1070										3.331		346	
SWC350DH1	350	225	110	7.44×10^2	≤15	90	1070	310	210	245	194	$10\times\phi23$	35	8	50	16	5.330	0.146	452	11.5
SWC350DH2						190	1170										5.721		475	
SWC390DH1	390	320	160	1.86×10^3	≤15	90	1200	345	235	267	215	$10\times\phi25$	40	8	70	18	10.76	0.222	600	15
SWC390DH2						190	1300										11.13		655	

注：1. T_f——在交变负荷下按疲劳强度所允许的转矩。

2. L_{min}——缩短后的最小长度。

3. L——安装长度，按需要确定。

表 12-24　CH 型——长伸缩焊接式万向联轴器基本参数和主要尺寸

型　号	回转直径 D /mm	公称转矩 T_n /(kN·m)	疲劳转矩 T_f /(kN·m)	轴承寿命系数 K_L	轴线折角 β /(°)	伸缩量 L_s /mm	尺寸/mm										转动惯量 /(kg·m²)		质量 /kg	
							L_{min}	D_1 (js11)	D_2 (H7)	D_3	L_m	$n\times\phi d$	k	t	b (h9)	g	L_{min}	增长 100mm	L_{min}	增长 100mm
SWC180CH1	180	22.4	11.2	0.245	≤15	200	925	155	105	114	110	8×ϕ17	17	5.0	24	7.0	0.181	0.007	74	2.8
SWC180CH2						700	1425										0.216		104	
SWC200CH1	200	36	18	1.115	≤15	200	975	170	120	133	115	8×ϕ17	17	5.0	28	8.0	0.328	0.013	99	3.7
SWC200CH2						700	1465										0.402		139	
SWC225CH1	225	56	28	7.812	≤15	220	1020	196	135	152	120	8×ϕ17	20	5.0	32	9.0	0.561	0.023	132	4.9
SWC225CH2						700	1500										0.674		182	
SWC250CH1	250	80	40	2.82×10^1	≤15	300	1215	218	150	168	140	8×ϕ19	25	6.0	40	12.5	1.016	0.028	190	5.3
SWC250CH2						700	1615										1.127		235	
SWC285CH1	285	120	58	8.28×10^1	≤15	400	1475	245	170	194	160	8×ϕ21	27	7.0	40	15.0	2.156	0.051	300	6.3
SWC285CH2						800	1875										2.360		358	
SWC315CH1	315	160	80	2.79×10^2	≤15	400	1600	280	185	219	180	10×ϕ23	32	8.0	40	15.0	3.812	0.080	434	8.0
SWC315CH2						800	2000										4.150		514	
SWC350CH1	350	225	110	7.44×10^2	≤15	400	1715	310	210	345	194	10×ϕ23	35	8.0	50	16.0	5.926	0.146	622	11.5
SWC350CH2						800	2115										6.814		773	
SWC390CH1	390	320	160	1.86×10^3	≤15	400	1845	345	235	267	215	10×ϕ25	40	8.0	70	18.0	12.73	0.222	817	15.0
SWC390CH2						800	2245										13.62		964	
SWC440CH1	440	500	250	8.25×10^3	≤15	400	2110	390	255	325	260	16×ϕ28	42	10.0	80	20.0	22.54	0.474	131	21.7
SWC440CH2						800	2510										24.43		153	
SWC490CH1	490	700	350	2.154×10^4	≤15	400	2220	435	275	351	270	16×ϕ31	47	12.0	90	22.5	35.21	0.690	164	27.3
SWC490CH2						800	2620										37.11		186	
SWC550CH1	550	1000	500	6.335×10^4	≤15	400	2585	492	320	426	305	16×ϕ31	50	12.0	100	22.5	72.79	1.357	258	34
SWC550CH2						1000	3085										79.57		304	

注：1. T_f——在交变负荷下按疲劳强度所允许的转矩。

2. L_{min}——缩短后的最小长度。

3. L——安装长度，按需要确定。

表 12-25 WH 型——无伸缩焊接式万向联轴器基本参数和主要尺寸

型号	回转直径 D /mm	公称转矩 T_n /(kN·m)	疲劳转矩 T_f /(kN·m)	轴承寿命系数 K_L	轴线折角 β /(°)	尺寸/mm										转动惯量 /(kg·m²)		质量 /kg	
						L_{min}	D_1 (js11)	D_2 (H7)	D_3	L_m	$n\times\phi d$	k	t	b (h9)	g	L_{min}	增长 100mm	L_{min}	增长 100mm
SWC100WH	100	2.5	1.25	5.795×10^{-4}	≤25	243	84	57	60	55	$6\times\phi9$	7	2.5	—	—	0.004	0.0002	4.5	0.35
SWC120WH	120	5	2.5	4.641×10^{-3}	≤25	307	102	75	70	65	$8\times\phi11$	8	2.5	—	—	0.01	0.0004	7.7	0.55
SWC150WH	150	10	5	0.51×10^{-1}	≤25	350	130	90	89	80	$8\times\phi13$	10	3	—	—	0.037	0.0016	18	0.85
SWC180WH	180	22.4	11.2	0.245	≤15	480	155	105	114	110	$8\times\phi17$	17	5	24	7	0.15	0.007	48	2.8
SWC200WH	200	36	18	1.115	≤15	500	170	120	133	115	$8\times\phi17$	17	5	28	8	0.246	0.013	72	3.7
SWC225WH	225	56	28	7.812	≤15	520	196	135	152	120	$8\times\phi17$	20	5	32	9	0.365	0.023	78	4.9
SWC250WH	250	80	40	2.82×10^{1}	≤15	620	218	150	168	140	$8\times\phi19$	25	6	40	12.5	0.847	0.028	124	5.3
SWC285WH	285	120	58	8.28×10^{1}	≤15	720	245	170	194	160	$8\times\phi21$	27	7	40	15	1.756	0.051	185	6.3
SWC315WH	315	160	80	2.79×10^{2}	≤15	805	280	185	219	180	$10\times\phi23$	32	8	40	15	2.893	0.08	262	8
SWC350WH	350	225	110	7.44×10^{2}	≤15	875	310	210	245	194	$10\times\phi23$	35	8	50	16	4.814	0.146	349	15
SWC390WH	390	320	160	1.86×10^{3}	≤15	955	345	235	267	215	$10\times\phi25$	40	8	70	18	8.406	0.222	506	11.5
SWC440WH	440	500	250	8.25×10^{3}	≤15	1155	390	255	325	260	$16\times\phi28$	42	10	80	20	15.79	0.474	790	21.7
SWC490WH	490	700	350	2.154×10^{4}	≤15	1205	435	275	351	270	$16\times\phi31$	47	12	90	22.5	27.78	0.690	1104	27.3
SWC550WH	550	1000	500	6.335×10^{4}	≤15	1355	492	320	426	305	$16\times\phi31$	50	12	100	22.5	48.32	1.357	1526	34

注：1. T_f——在交变负荷下按疲劳强度所允许的转矩。

2. L_{min}——允许的最小长度。

3. L——安装长度，按需要确定。

表 12-26 WF 型——无伸缩法兰式万向联轴器基本参数和主要尺寸

型号	回转直径 D /mm	公称转矩 T_n /(kN·m)	疲劳转矩 T_f /(kN·m)	轴承寿命系数 K_L	轴线折角 β /(°)	尺寸/mm										转动惯量 /(kg·m²)		质量 /kg	
						L_{min}	D_1 (js11)	D_2 (H7)	D_3	L_m	$n\times\phi d$	k	t	b (h9)	g	L_{min}	增长 100mm	L_{min}	增长 100mm
SWC180WF	180	22.4	11.2	0.245	≤15	560	155	105	114	110	$8\times\phi17$	17	5	24	7	0.248	0.007	58	2.8
SWC200WF	200	36	18	1.115	≤15	585	170	120	133	115	$8\times\phi17$	17	5	28	8	0.316	0.013	82	3.7
SWC225WF	225	56	28	7.812	≤15	610	196	135	152	120	$8\times\phi17$	20	5	32	9	0.636	0.023	93	4.9
SWC250WF	250	80	40	2.82×10^{1}	≤15	715	218	150	168	140	$8\times\phi19$	25	6	40	12.5	1.352	0.028	143	5.3
SWC285WF	285	120	58	8.28×10^{1}	≤15	810	245	170	194	160	$8\times\phi21$	27	7	40	15	2.664	0.051	220	6.3
SWC315WF	315	160	80	2.79×10^{2}	≤15	915	280	185	219	180	$10\times\phi23$	32	8	40	15	4.469	0.08	300	8
SWC350WF	350	225	110	7.44×10^{2}	≤15	980	310	210	245	194	$10\times\phi23$	35	8	50	16	7.189	0.146	387	11.5

（续）

型　号	回转直径 D /mm	公称转矩 T_n /(kN·m)	疲劳转矩 T_f /(kN·m)	轴承寿命系数 K_L	轴线折角 β /(°)	尺寸/mm										转动惯量 /(kg·m²)		质量 /kg	
						L_{min}	D_1 (js11)	D_2 (H7)	D_3	L_m	$n\times\phi d$	k	t	b (h9)	g	L_{min}	增长 100mm	L_{min}	增长 100mm
SWC390WF	390	320	160	1.86×10^3	≤15	1100	345	235	267	215	$10\times\phi25$	40	8	70	18	13.18	0.222	588	15
SWC440WF	440	500	250	8.25×10^3	≤15	1290	390	255	325	260	$16\times\phi28$	42	10	80	20	23.25	0.474	880	21.7
SWC490WF	490	700	350	2.154×10^4	≤15	1360	435	275	351	270	$16\times\phi31$	47	12	90	22.5	41.89	0.690	1263	27.3
SWC550WF	550	1000	500	6.335×10^4	≤15	1510	492	320	426	305	$16\times\phi31$	50	12	100	22.5	68.48	1.357	1663	34

注：1. T_f——在交变负荷下按疲劳强度所允许的转矩。

2. L_{min}——允许的最小长度。

3. L——安装长度，按需要确定。

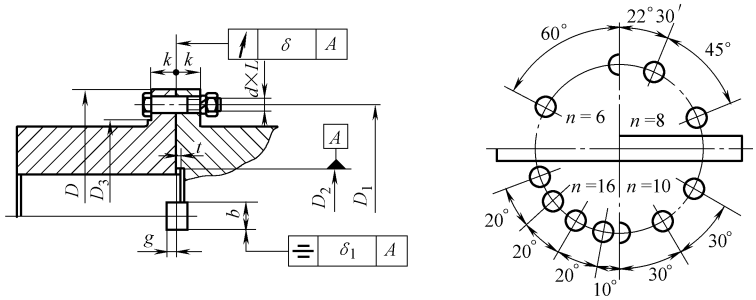
表 12-27　WD 型——无伸缩短式万向联轴器基本参数和主要尺寸

型　号	回转直径 D/mm	公称转矩 T_n/(kN·m)	疲劳转矩 T_f/(kN·m)	轴承寿命系数 K_L	轴线折角 β/(°)	尺寸/mm									转动惯量 /(kg·m²)	质量 /kg
						L	D_1 (js11)	D_2 (H7)	L_m	$n\times\phi d$	k	t	b (h9)	g		
SWC180WD	180	22.4	11.2	0.245	≤15	440	155	105	110	$8\times\phi17$	17	5	24	7	0.145	52
SWC200WD	200	36	18	1.115	≤15	460	170	120	115	$8\times\phi17$	17	5	28	8	0.261	76
SWC225WD	225	56	28	7.812	≤15	480	196	135	120	$8\times\phi17$	20	5	32	9	0.355	82
SWC250WD	250	80	40	2.82×10^1	≤15	560	218	150	140	$8\times\phi19$	25	6	40	12.5	0.831	127
SWC285WD	285	120	58	8.28×10^1	≤15	640	245	170	160	$8\times\phi21$	27	7	40	15	1.715	189
SWC315WD	315	160	80	2.79×10^2	≤15	720	280	185	180	$10\times\phi23$	32	8	40	15	2.820	270
SWC350WD	350	225	110	7.44×10^2	≤15	776	310	210	194	$10\times\phi23$	35	8	50	16	4.791	370
SWC390WD	390	320	160	1.86×10^3	≤15	860	345	235	215	$10\times\phi25$	40	8	70	18	8.229	524
SWC440WD	440	500	250	8.25×10^3	≤15	1040	390	255	260	$16\times\phi28$	42	10	80	20	15.32	798
SWC490WD	490	700	350	2.154×10^4	≤15	1080	435	275	270	$16\times\phi31$	47	12	90	22.5	25.74	1055
SWC550WD	550	1000	500	6.335×10^4	≤15	1220	492	320	305	$16\times\phi31$	50	12	100	22.5	46.78	1524

注：1. T_f——在交变负荷下按疲劳强度所允许的转矩。

2. L——安装长度。

表 12-28　万向联轴器相配件的连接尺寸及螺栓预紧力



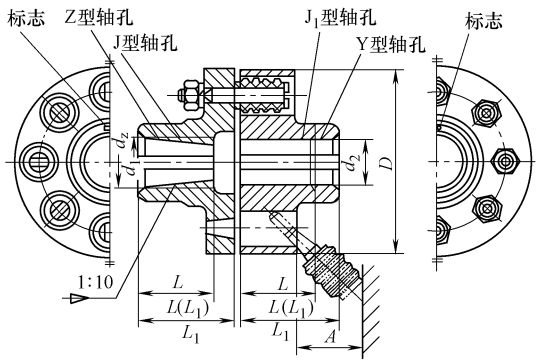
型　号	回转直径 D/mm	螺栓数 n	螺栓规格 $d\times L$ /mm	预紧力矩 T_p/(N·m)	尺寸/mm								
					D_1 (js11)	D_2 (f8)	D_3	k	b (js8)	g $(^{+0.5}_{0})$	t	δ	δ_1
SWC100	100	6	M8×25	35	84	57	70.5	7	—	—	$2.3^{0}_{-0.2}$	0.04	—
SWC120	120	8	M10×30	69	102	75	84	8	—	—	$2.3^{0}_{-0.2}$	0.04	—
SWC150	150	80	M12×40	120	130	90	110.3	10	—	—	$2.5^{0}_{-0.2}$	0.05	—
SWC180	180	8	M16×60	295	155	105	130.5	17	24	7.5	$4^{0}_{-0.2}$	0.05	0.025
SWC200	200	8	M16×65	295	170	120	145	17	28	8.5	$4^{0}_{-0.2}$	0.05	0.025
SWC225	225	8	M16×65	295	196	135	171	20	32	9.5	$4^{0}_{-0.2}$	0.05	0.3
SWC250	250	8	M18×75	405	218	150	190	25	40	13	$5^{0}_{-0.2}$	0.05	0.03
SWC285	285	8	M20×80	580	245	170	214	27	40	15.5	$6^{0}_{-0.5}$	0.06	0.03
SWC315	315	10	M22×95	780	280	185	247	32	40	15.5	$7^{0}_{-0.5}$	0.06	0.03
SWC350	350	10	M22×100	780	310	210	277	35	50	16.5	$7^{0}_{-0.5}$	0.06	0.03
SWC390	390	10	M24×120	1000	345	235	308	40	70	18.5	$7^{0}_{-0.5}$	0.06	0.04
SWC440	440	16	M27×120	1500	390	255	347	42	80	20.5	$9^{0}_{-0.5}$	0.06	0.04
SWC490	490	16	M30×140	2000	435	275	387	47	90	23	$11^{0}_{-0.5}$	0.06	0.04
SWC550	550	16	M30×140	2000	492	320	444	50	100	23	$11^{0}_{-0.5}$	0.08	0.04

12.2.3　非金属弹性元件的挠性联轴器

12.2.3.1　弹性套柱销联轴器

弹性套柱销联轴器相关参数见表 12-29 ~ 表 12-31，均摘自 GB/T 4323—2002。

表 12-29　LT 弹性套柱销联轴器基本参数和尺寸



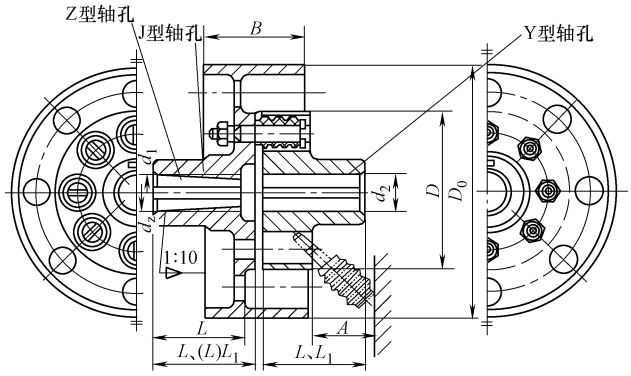
（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速[n]/(r·min^{-1})		轴孔直径 d_1、d_2、d_z/mm		轴孔长度/mm				D/mm	A/mm	质量/kg	转动惯量/(kg·m^2)	许用安装补偿	
						Y型	J、J_1、Z型		$L_{推荐}$						
		铁	钢	铁	钢	L	L_1	L						ΔY/mm	$\Delta\alpha$
LT1	6.3	6600	8800	9		20	14	—	25	71	18	0.82	0.0005	0.1	45′
				10、11		25	17								
				12	12、14	32	20								
LT2	16	5500	7600	12、14					35	80		1.20	0.0008		
				16	16、18、19	42	30	42							
LT3	31.5	4700	6300	16、18、19					38	95	35	2.20	0.0023		
				20	20、22	52	38	52							
LT4	63	4200	5700	20、22、24					40	106		2.84	0.0037		
				—	25、28	62	44	62							
LT5	125	3600	4600	25、28					50	130	45	6.05	0.012		
				30、32	30、32、35	82	60	82							
LT6	250	3300	3800	32、35、38					55	160		9.75	0.028	0.15	30′
				40	40、42	112	84	112							
LT7	500	2800	3600	40、42、45	40、42、45、48				65	190		14.01	0.055		
LT8	710	2400	3000	45、48、50、55					70	224	65	23.12	0.340	0.2	
				—	56										
					60、63	142	107	142							
LT9	1000	2100	2850	50、55、56		112	84	112	80	250		30.69	0.213		
				60、63		142	107	142							
				—	65、70、71										
LT10	2000	1700	2300	63、65、70、71、75					100	315	80	61.40	0.660		
				80、85	80、85、90、95	172	132	172							
LT11	4000	1350	1800	80、85、90、96					115	400	100	120.70	2.122	0.25	15′
				100、110		212	167	212							
LT12	8000	1100	1450	100、110、120、125					135	475	130	210.34	5.390		
				—	130	252	202	252							
LT13	16000	800	1150	120、125		212	167	212	160	600	180	419.36	17.580	0.3	
				130、140、150		252	202	252							
				160	160、170	302	242	302							

注：1. 本标准适用于连接两同轴线的传动轴系，具有一定补偿两轴相对偏移和一般减振的作用，工作温度为 -20～70℃。

2. 轴孔形式按 GB/T 3852 的规定，轴孔长度优选 $L_{推荐}$。

表 12-30　LTZ 制动轮弹性套柱销联轴器



（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速[n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 Y 型 L	轴孔长度 J、J_1、Z 型 L_1	轴孔长度 J、J_1、Z 型 L	$L_{推荐}$	D_0	D	B	A	质量 m/kg	转动惯量 I/(kg·m^2)
			mm										
LTZ5	125	3800	25、38	62	44	62	50	200	130	85	45	13.38	0.0116
			30、32、35	82	60	82							
LTZ6	250	3000	32、35、38				55	250	160	105		21.25	0.1063
			40、42	112	84	112							
LTZ7	500	2400	40、42、45、48				65	315	190	132		35.00	0.2622
LTZ8	710		45、48、50、55、56				70		224		65	45.14	0.3470
			60、63	142	107	142							
LTZ9	1000		50、55、56	112	84	112	80		250	168		58.67	0.4070
			60、63、65、70	142	107	142							
LTZ10	2000	1900	63、65、70、71、75				100	400	315		80	100.30	1.3810
			80、85、90、95	172	132	172							
LTZ11	4000	1500	80、85、90、95				115	500	400	210	100	198.28	4.3300
			100、110	212	167	212							
LTZ12	8000	1200	100、110、120、125				135	630	475	265	130	370.00	13.4900
			130	252	202	252							
LTZ13	16000	1000	120、125	212	167	212	160	710	600	298	180	611.13	30.4500
			130、140、150	252	202	252							
			160、170	302	242	302							

注：质（重）量、转动惯量按材料为铸钢、无孔、$L_{推荐}$计算近似值。

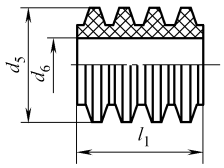


图 12-9　弹性套

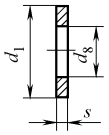


图 12-10　挡圈

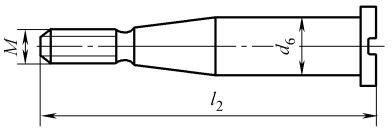


图 12-11　柱销

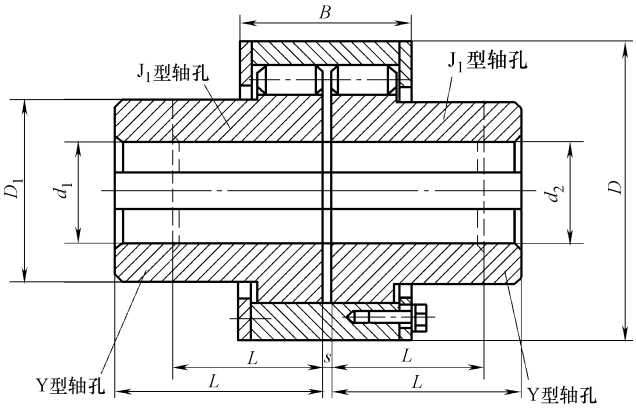
表 12-31　弹性套、挡圈、柱销的主要尺寸　（mm）

型号		弹性套 d_5	弹性套 d_6	弹性套 l_1	挡圈 d_1	挡圈 s	挡圈 d_8	柱销 l_2	柱销 M
LT1		16	8	10	12	3	8.2	40	M6
LT2									
LT3		19	10	15	15	4	10.4	55	M6
LT4									
LT5	LTZ5	26	14	28	20	5	14.5	72	M12
LT6	LTZ6								
LT7	LTZ7								
LT8	LTZ8	35	18	36	25	6	18.6	88	M16
LT9	LTZ9								
LT10	LTZ10	45	24	44	32	8	24.8	110	M20
LT11	LTZ11	58	30	56	40	10	30.8	140	M21
LT12	LTZ12	71	38	72	50	12	39	170	M30
LT13	LTZ13	85	45	88	60	14	46	210	M36

12.2.3.2　弹性柱销齿式联轴器

弹性柱销齿式联轴器相关标准见表 12-32、表 12-33，均摘自 GB/T 5015—2003。

表 12-32　LZ 型弹性柱销联轴器



型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min⁻¹)	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 L Y 型	轴孔长度 L J_1 型	D	D_1	B	s	转动惯量 I/(kg·m²)	质量 m/kg
			mm								
LZ1	112	5000	12	32	27	76	40	42	2.5	0.001	1.53
			14								
			16	42	30						1.60
			18								
			19								1.67
			20	52	38						
			22								
			24								
LZ2	250	5000	16	42	30	90	50	50	2.5	0.002	2.70
			18								
			19								2.76
			20	52	38						
			22								
			24								
			25	62	44					0.003	2.79
			28								
			30	82	60						3.00
			32								
LZ3	630	4500	25	62	44	118	65	70	3	0.011	6.49
			28								
			30	82	60						7.05
			32								
			35								
			38								
			40	112	84					0.012	7.31
			42								

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 L Y 型	轴孔长度 L J_1 型	D	D_1	B	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm								
LZ4	1800	4200	40	112	84	158	90	90	4	0.044	16.20
			42								
			45								
			48								
			50								
			55								
			56								
			60	142	107					0.045	15.25
LZ5	4500	4000	50	112	84	192	120	90	4	0.100	24.82
			55								
			56								
			60	142	107					0.107	27.02
			63								
			65								
			70								
			71								
			75								
			80	172	132					0.108	25.44
LZ6	8000	3300	60	142	107	230	130	112	5	0.238	40.89
			63								
			65								
			70								
			71								
			75								
			80	172	132					0.242	40.15
			85								
			90								
			95								
LZ7	11200	2900	70	142	107	260	160	112	5	0.406	54.93
			71								
			75								
			80	172	132					0.428	59.14
			85								
			90								
			95								
			100	212	167					0.443	59.60
			110								
LZ8	18000	2500	80	172	132	300	190	128	6	0.860	89.35
			85								
			90								
			95								
			100	212	167					0.911	94.67
			110								
			120								
			125								
			130	252	202					0.908	87.43

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 L Y型	轴孔长度 L J_1型	D	D_1	B	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm								
LZ9	25000	2300	90	172	132	335	220	150	7	1.559	113.9
			95								
			100	212	167					1.678	138.1
			110								
			120								
			125								
			130	252	202					1.733	136.6
			140								
			150								
LZ10	31500	2100	100	212	167	355	245	152	8	2.236	165.5
			110								
			120								
			125								
			130	252	202					2.362	169.3
			140								
			150								
			160	302	242					2.422	164.0
			170								
LZ11	40000	2000	110	212	167	380	260	172	8	3.054	190.9
			120								
			125								
			130	252	202					3.249	203.1
			140								
			150								
			160	302	242					3.369	202.1
			170								
			180								
LZ12	63000	1700	130	252	202	445	290	182	8	6.146	288.5
			140								
			150								
			160	302	242					6.432	296.6
			170								
			180								
			190	352	282					6.524	288.0
			200								
LZ13	100000	1500	150	252	202	515	345	218	8	12.76	413.6
			160	302	242					13.62	469.2
			170								
			180								
			190	352	282					14.19	480.0
			200								
			220								
			240	410	330					13.98	436.1
LZ14	125000	1400	170	302	242	560	390	218	8	19.90	581.5
			180								
			190	352	282					21.17	621.7

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 L Y 型	轴孔长度 L J_1 型	D	D_1	B	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm								
LZ14	125000	1400	200	352	282	560	390	218	8	21.17	621.7
			220								
			240	410	330					21.67	599.4
			250								
			260								
LZ15	160000	1300	190	352	282	590	420	240	10	28.08	736.9
			200								
			220								
			240	410	330					29.18	730.5
			250								
			260								
			280	470	380					29.52	702.1
			300								
LZ16	250000	1000	220	352	282	695	490	265	10	56.21	1045
			240	410	330					60.05	1129
			250								
			260								
			280	470	380					60.56	1144
			300								
			320								
			340	550	450					62.47	1064
LZ17	355000	950	240	410	330	770	550	285	10	105.5	1500
			250								
			260								
			280	470	380					102.3	1557
			300								
			320								
			340	550	450					106.0	1535
			360								
			380								
LZ18	450000	850	250	410	330	860	605	300	13	152.3	1902
			260								
			280	470	380					161.5	2025
			300								
			320								
			340	550	450					169.9	2062
			360								
			380								
			400	650	540					175.4	2029
			420								
LZ19	630000	750	280	470	380	970	695	322	14	283.7	2818
			300								
			320								
			340	550	450					303.4	2963
			360								
			380								

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 L Y型	轴孔长度 L J_1型	D	D_1	B	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm								
LZ19	630000	750	400	650	540	970	695	322	14	323.2	3068
			420								
			440								
			450								
LZ20	1120000	650	320	470	380	1160	800	355	15	581.2	4010
			340	550	450					624.5	4426
			360								
			380								
			400	650	540					669.4	4715
			420								
			440								
			450								
			460								
			480								
			500								
LZ21	1800000	530	380	550	450	1440	1020	360	18	1565	7293
			400	650	540					1715	8228
			420								
			440								
			450								
			460								
			480								
			500								
			530	800	680					1880	8699
			560								
			600								
			630								
LZ22	2240000	500	420	650	540	1520	1100	405	19	2338	9736
			440								
			450								
			460								
			480								
			500								
			530	800	680					2596	10631
			560								
			600								
			630								
			670	—	780					2522	9473
			710								
			750								
LZ23	2800000	460	480	650	540	1640	1240	440	20	3490	11946
			500								
			530	800	680					3972	13822
			560								
			600								
			630								

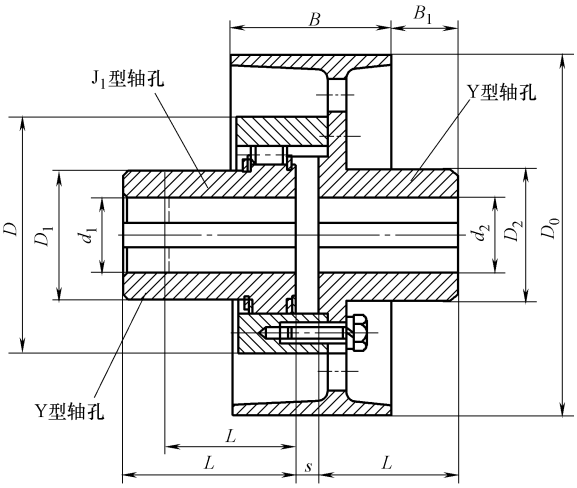
（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2	轴孔长度 L Y 型	轴孔长度 L J_1 型	D	D_1	B	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm								
LZ23	2800000	460	670	—	780	1640	1240	440	20	3949	12826
			710								
			750								
			800	—	880					3982	12095
			850								

注：1. 质（重）量、转动惯量是按 Y/J_1 轴孔组合形式和最小轴孔直径计算的。

2. 短时过载不得超过公称转矩 T_n 值的 2 倍。

表 12-33　LZZ 型带制动轮弹性柱销齿式联轴器



型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1	轴孔直径 d_2	轴孔长度 L Y 型	轴孔长度 L J_1 型	D_0	D	D_1	D_2	B	B_1	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm												
LZZ1	250	4500	16	16	42	—	160	98	50	56	70	9	2	0.018	5.82
			18	18											
			19	19											
			20	20	52	38						19			6.05
			22	22											
			24	24											
			25	25	62	44						29			6.17
			28	28											
			30	30	82	60						49			6.64
			32	32											
			—	35											
			—	38											
LZZ2	630	3800	25	25	62	—	200	124	65	70	85	30	2	0.053	11.15
			28	28											
			30	30	82	60						50			11.77
			32	32											
			35	35											
			38	38											

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1	轴孔直径 d_2	轴孔长度 L Y型	轴孔长度 L J_1型	D_0	D	D_1	D_2	B	B_1	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm												
LZZ2	630	3800	40	40	112	84	200	124	65	70	85	80	2	0.053	12.04
			42	42											
			—	45											
			—	48											
LZZ3	1800	3000	40	40	112	84	250	166	90	105	105	48.5	3	0.181	28.09
			42	42											
			45	45											
			48	48											
			50	50											
			55	55											
			56	56											
			60	60	142	107						78.5		0.183	27.54
			—	63											
			—	65											
			—	70											
LZZ4	4500	2450	50	50	112	84	315	214	120	130	135	40	3	0.534	48.75
			55	55											
			56	56											
			60	60	142	107						70		0.543	51.69
			63	63											
			65	65											
			70	70											
			71	71											
			75	75											
			80	80	172	132						100		0.547	50.21
			—	85											
			—	90											
LZZ5	8000	1900	60	60	142	107	400	240	130	145	170	44	3	1.404	76.51
			63	63											
			65	65											
			70	70											
			71	71											
			75	75											
			80	80	172	132						74		1.413	76.25
			85	85											
			90	90											
			—	95											
LZZ6	11200	1500	70	70	142	107	500	280	160	170	210	40	4	3.812	124.65
			71	71											
			75	75											
			80	80	172	132						70		3.841	129.73
			85	85											
			90	90											
			95	95											
			100	100	212	167						110		3.865	130.61
			110	110											
			—	120											

（续）

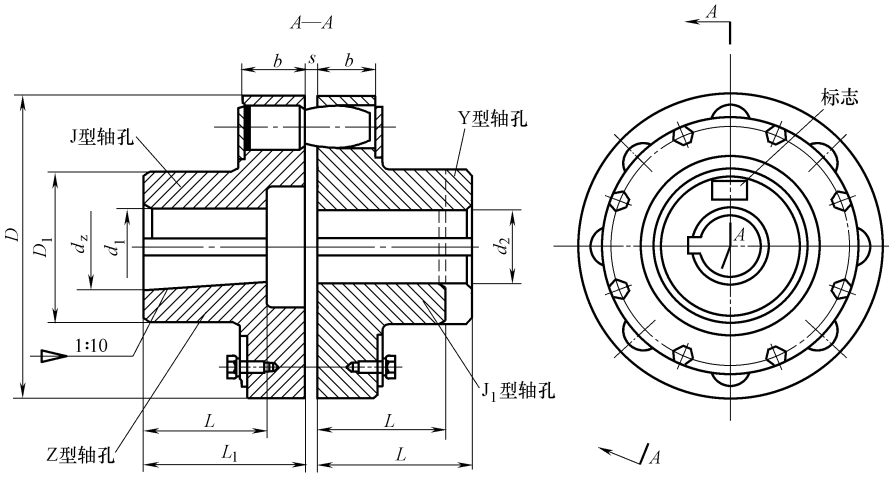
型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1	轴孔直径 d_2	轴孔长度 L Y 型	轴孔长度 L J_1 型	D_0	D	D_1	D_2	B	B_1	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm												
LZZ7	18000	1200	80	80	172	132	630	330	190	200	265	42	4	10.674	216.43
			85	85											
			90	90											
			95	95											
			100	100	212	167						82		10.742	222.63
			110	110											
			120	120											
			125	125											
			130	130	252	202						112		10.753	215.03
LZZ8	25000	1050	90	90	172	132	710	380	220	220	300	5	4	18.960	293.01
			95	95											
			100	100	212	167						45		19.089	307.92
			110	110											
			120	120											
			125	125											
			130	130	252	202						85		19.156	305.42
			140	140											
			150	150											
LZZ9	31500	950	100	100	212	167	800	400	245	245	340	40	5	33.258	403.84
			110	110											
			120	120											
			125	125											
			130	130	252	202						80		33.385	405.88
			140	140											
			150	150											
			160	160	302	242						130		33.446	398.57
			170	170											
			180	180											

注：1. 质（重）量、转动惯量是按 Y/J_1 轴孔组合形式和最小轴孔直径计算的。

2. 短时过载不得超过公称转矩 T_n 值的 2 倍。

12.2.3.3　弹性柱销联轴器（见表 12-34）

表 12-34　LX 弹性柱销联轴器（摘自 GB/T 5014—2003）



（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 Y型 L	轴孔长度 J、J_1、Z型 L	轴孔长度 J、J_1、Z型 L_1	D	D_1	b	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm									
LX1	250	8500	12	32	27	—	90	40	20	2.5	0.002	2
			14									
			16	42	30	42						
			18									
			19									
			20	52	38	52						
			22									
			24									
LX2	560	6300	20	52	38	52	120	55	28	2.5	0.009	5
			22									
			24									
			25	62	44	62						
			28									
			30	82	60	82						
			32									
			35									
LX3	1250	4750	30	82	60	82	160	75	36	2.5	0.026	8
			32									
			35									
			38									
			40	112	84	112						
			42									
			45									
			48									
LX4	2500	3870	40	112	84	112	195	100	45	3	0.109	22
			42									
			45									
			48									
			50									
			55									
			56									
			60	142	107	142						
			63									
LX5	3150	3450	50	112	84	112	220	120	45	3	0.191	30
			55									
			56									
			60	142	107	142						
			63									
			65									
			70									
			71									
			75									
LX6	6300	2720	60	142	107	142	280	140	56	4	0.543	53
			63									
			65									
			70									

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 Y 型 L	轴孔长度 J、J_1、Z 型 L	轴孔长度 J、J_1、Z 型 L_1	D	D_1	b	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm									
LX6	6300	2720	71	142	107	142	280	140	56	4	0.543	53
			75									
			80	172	132	172						
			85									
LX7	11200	2360	70	142	107	142	320	170	56	4	1.314	98
			71									
			75									
			80	172	132	172						
			85									
			90									
			95									
			100	212	167	212						
			110									
LX8	16000	2120	80	172	132	172	360	200	56	5	2.023	119
			85									
			90									
			95									
			100	212	167	212						
			110									
			120									
			125									
LX9	22400	1850	100	212	167	212	410	230	63	5	4.386	197
			110									
			120									
			125									
			130	252	202	252						
			140									
LX10	35500	1600	110	212	167	212	480	280	75	6	9.760	322
			120									
			125									
			130	252	202	252						
			140									
			150									
			160	302	242	302						
			170									
			180									
LX11	50000	1400	130	252	202	252	540	340	75	6	20.05	520
			140									
			150									
			160	302	242	302						
			170									
			180									
			190	352	282	352						
			200									
			220									

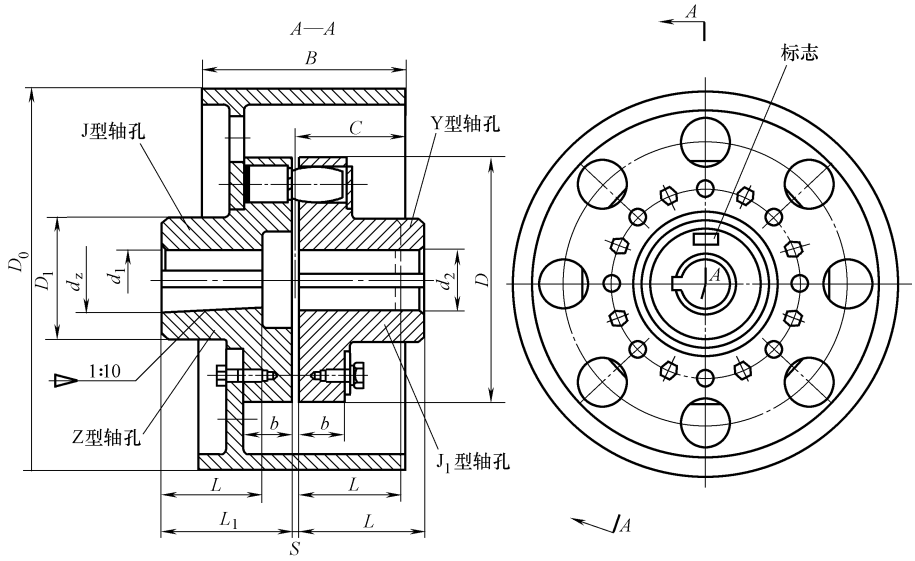
（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 Y型 L	轴孔长度 J、J_1、Z型 L	轴孔长度 J、J_1、Z型 L_1	D	D_1	b	s	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm									
LX12	80000	1220	160	302	242	302	630	400	90	7	37.71	714
			170									
			180									
			190	352	282	352						
			200									
			220									
			240	410	330	—						
			250									
			260									
LX13	125000	1080	190	352	282	352	710	465	100	8	71.37	1057
			200									
			220									
			240	410	330	—						
			250									
			260									
			280	470	380	—						
			300									
LX14	180000	950	240	410	330	—	800	530	110	8	170.6	1956
			250									
			260									
			280	470	380	—						
			300									
			320									
			340	550	450	—						

注：质量、转动惯量是按 J/Y 轴孔组合形式和最小轴孔直径计算的。

12.2.3.4　LXZ 型带制动轮弹性柱销联轴器（见表 12-35）

表 12-35　LXZ 型带制动轮弹性柱销联轴器



（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 Y 型 L	轴孔长度 J、J_1、Z 型 L	轴孔长度 J、J_1、Z 型 L_1	D_0	D	D_1	B	b	S	C	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm												
LXZ1	560	5600	20	52	38	52	200	120	55	85	28	2.5	42	0.055	11
			22												
			24												
			25	62	44	62									
			28												
			30	82	60	82									
			32												
			35												
LXZ2	1250	3750	30	82	60	82	200	160	75	85	36	2.5	40	0.072	14
			32												
			35												
			38												
			40	112	84	112									
			42												
			45												
			48												
LXZ3	1250	2430	30	82	60	82	315	160	75	132	36	2.5	66	0.313	25
			32												
			35												
			38												
			40	112	84	112									
			42												
			45												
			48												
LXZ4	2500	2430	40	112	84	112	315	195	100	132	45	3	66	0.504	40
			42												
			45												
			48												
			50												
			55												
			56												
			60	142	107	142									
			63												
LXZ5	2500	1900	40	112	84	112	400	195	100	168	45	3	84	1.192	59
			42												
			45												
			48												
			50												
			55	112	84	112									
			56												
			60	142	107	142									
			63												
LXZ6	3150	1900	50	112	84	112	400	220	120	168	45	3	84	1.402	69
			55												
			56												

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 Y型 L	轴孔长度 J、J_1、Z型 L	轴孔长度 J、J_1、Z型 L_1	D_0	D	D_1	B	b	S	C	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm												
LXZ6	3150	1900	60	142	107	142	400	220	120	168	45	3	84	1.402	69
			63												
			65												
			70												
			71												
			75												
LXZ7	3150	1500	50	112	84	112	500	220	120	210	45	3	105	2.872	91
			55												
			56												
			60	142	107	142									
			63												
			65												
			70												
			71												
			75												
LXZ8	6300	1900	60	142	107	142	400	280	140	168	56	4	84	1.800	88
			63												
			65												
			70												
			71												
			75												
			80	172	132	172									
			85												
LXZ9	6300	1500	60	142	107	142	500	280	140	210	56	4	105	3.582	113
			63												
			65												
			70	142	107	142									
			71												
			75												
			80	172	132	172									
			85												
LXZ10	11200	1500	70	142	107	142	500	320	170	210	56	4	105	4.970	156
			71												
			75												
			80	172	132	172									
			85												
			90												
			95												
			100	212	167	212									
			110												
LXZ11	11200	1220	70	142	107	142	630	320	170	265	56	4	132	9.392	187
			71												
			75												
			80	172	132	172									
			85												

（续）

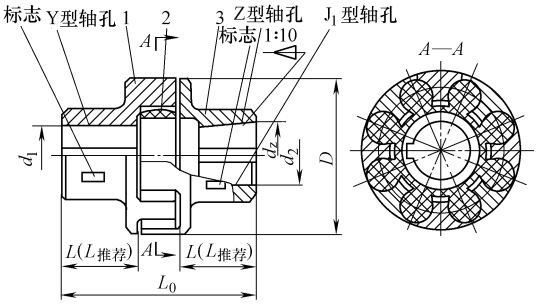
型号	公称转矩 T_n/(N·m)	许用转速 [n]/(r·min^{-1})	轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 Y 型 L	轴孔长度 J、J_1、Z 型 L	轴孔长度 J、J_1、Z 型 L_1	D_0	D	D_1	B	b	S	C	转动惯量 I/(kg·m^2)	质量 m/kg
			mm												
LXZ11	11200	1220	90	172	132	172	630	320	170	265	56	4	132	9.392	187
			95												
			100	212	167	212									
			110												
LXZ12	16000	1220	80	172	132	172	630	360	200	265	56	5	132	16.43	326
			85												
			90												
			95												
			100	212	167	212									
			110												
			120												
			125												
LXZ13	22400	1080	100	212	167	212	710	410	230	298	63	5	149	21.66	337
			110												
			120												
			125												
			130	252	202	252									
			140												
LXZ14	35500	1080	110	212	167	212	710	480	280	298	75	6	149	29.55	458
			120												
			125												
			130	252	202	252									
			140												
			150												
			160	302	242	302									
			170												
			180												
LXZ15	35500	950	110	212	167	212	800	480	280	335	75	6	168	41.08	504
			120												
			125												
			130	252	202	252									
			140												
			150												
			160	302	242	302									
			170												
			180												

注：质（重）量、转动惯量是按 J/Y 轴孔组合形式和最小轴孔直径计算的。

12.2.3.5　梅花型弹性联轴器

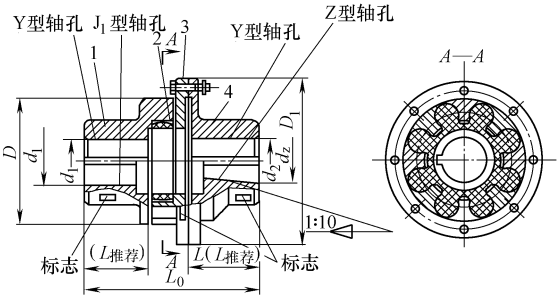
梅花型弹性联轴器相关参数见表 12-36、表 12-37，均摘自 GB/T 5272—2002。

表 12-36　LM、LMD、LMS 型梅花形弹性联轴器的基本参数和主要尺寸



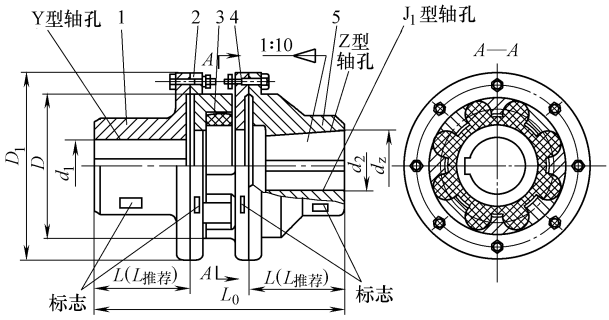
LM 型梅花形弹性联轴器

1、3—半联轴器　2—梅花形弹性元件



LMD 型单法兰型梅花形弹性联轴器

1、4—半联轴器　2—梅花形弹性元件　3—法兰连接件



LMS 型双法兰型梅花形弹性联轴器

1、5—法兰半联轴器　2、4—法兰联轴件　3—梅花形弹性元件

标记示例：LM3 型梅花形弹性联轴器

MT3 弹性件为 a

主动端：Z 型端孔，A 型键槽，$d_1=30$，$L_1=60$

从动端：Y 型轴孔，B 型键槽，$d_2=25$，$L=62$

LM3 联轴器 $\frac{ZA30\times60}{YB25\times62}$ MT3-a　GB/T 5272—2002

型号	公称转矩 T_n/(N·m)		许用转速 [n]		轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度 L			$L_{0推荐}$			D	D_1		弹性件型号	质量	转动惯量	许用安装误差		
	弹性件硬度		LM	LMD、LMS		Y 型	J、Z 型	$L_{推荐}$	LM	LMD	LMS		LM	LMD、LMS		LM/LMD/LMS	LM/LMD/LMS	径向 ΔY	轴向 ΔX	角向 $\Delta\alpha$
	a/H_A	b/H_D																		
	80±5	90±5	r/min		mm											kg	kg·m²	mm		(°)
LM1/LMD1/LMS1	25	45	15300	8500	12、14	32	27	35	86	92	98	50	30	90	MT1 $^{a}_{b}$	0.66/1.21/1.33	0.0002/0.0008/0.0013	0.2	1.2	1
					16、18、19	42	30													
					20、22、24	52	38													
					25	62	44													
LM2/LMD2/LMS2	50	100	12000	7600	16、18、19	42	30	38	95	101.5	108	60	44	100	MT2 $^{a}_{b}$	0.93/1.65/1.736	0.0004/0.0014/0.0021	0.3	1.3	
					20、22、24	52	38													
					25、28	62	44													
					30	82	60													
LM3/LMD3/LMS3	100	200	10900	6900	20、22、24	52	38	40	103	110	117	70	48	110	MT3 $^{a}_{b}$	1.41/2.36/2.33	0.0009/0.0024/0.0034	0.4	1.5	
					25、28	62	44													
					30、32	82	60													
LM4/LMD4/LMS4	140	280	9000	6200	32、24	52	38	45	114	122	130	85	60	125	MT4 $^{a}_{b}$	2.18/3.56/3.35	0.002/0.005/0.0064		2	
					25、28	62	44													
					30、32、35、38	82	60													
					40	112	84													
LM5/LMD5/LMS5	350	400	7300	5000	25、28	62	44	50	127	138.5	150	105	72	150	MT5 $^{a}_{b}$	3.60/6.36/6.07	0.005/0.0135/0.0175		2.5	
					30、32、35、38	82	60													
					40、42、45	112	84													

（续）

型号	公称转矩 T_n/(N·m)		许用转速 [n]		轴孔直径 d_1、d_2、d_z	轴孔长度			$L_{0推荐}$			D	D_1		弹性件型号	质量	转动惯量	许用安装误差		
	弹性件硬度		LM	LMD、LMS		Y 型	J、Z 型	$L_{推荐}$					LM	LMD、LMS		LM/LMD/LMS	LM/LMD/LMS	径向 ΔY	轴向 ΔX	角向 $\Delta\alpha$
	a/H_A	b/H_D				L			LM	LMD	LMS									
	80±5	90±5	r/min		mm											kg	kg·m²	mm		(°)
LM6/LMD6/LMS6	400	710	6100	4100	30、32、35、38	82	60	55	143	155	167	125	90	185	MT6 $^{a}_{b}$	6.07/10.77/10.47	0.0114/0.0329/0.0444	0.5	3	0.7
					40、42、45、48	112	84													
LM7/LMD7/LMS7	630	1120	5300	3700	35*、38*	82	60	60	159	172	185	145	104	205	MT7 $^{a}_{b}$	9.09/15.30/14.22	0.0232/0.0581/0.0739			
					40*、42*、45、48、50、55	112	84													
LM8/LMD8/LMS8	1120	2240	4500	3100	45*、48*、50、55、56	112	84	70	181	195	209	170	130	240	MT8 $^{a}_{b}$	13.56/22.72/21.16	0.0468/0.1175/0.1493		3.5	
					60、63、65	142	107													
LM9/LMD9/LMS9	180	3550	3800	2800	50*、55*、56*	112	84	80	208	224	240	200	156	270	MT9 $^{a}_{b}$	21.40/34.44/30.70	0.1041/0.2333/0.2767	0.7	4	
					60、63、65、70、71、75	142	107													
					80	172	132													
LM10/LMD10/LMS10	2800	5600	3300	2500	60*、63*、65*、70、71、75	142	107	90	230	248	268	230	180	305	MT10 $^{a}_{b}$	32.03/51.36/44.55	0.2105/0.4594/0.5262		4.5	0.5
					80、85、90、95	172	132													
					100	212	167													
LM11/LMD11/LMS11	4500	9000	2900	2200	70*、71*、75*	142	107	100	260	284	308	260	205	350	MT11 $^{a}_{b}$	49.52/81.30/70.72	0.4338/0.9777/1.1362	0.7	5	0.5
					80*、85*、90、95	172	132													
					100、110、120	212	167													
LM12/LMD12/LMS12	6300	12500	2500	1900	80*、85*、90*、95*	172	132	115	297	321	345	300	245	400	MT12 $^{a}_{b}$	73.45/115.53/99.54	0.8205/1.751/1.9998	0.8		
					100、110、120、125	212	167													
					130	252	202													
LM13/LMD13/LMS13	11200	2000	2100	1600	90*、95*	172	132	125	323	348	373	360	300	460	MT13 $^{a}_{b}$	103.86/161.79/137.53	1.6718/3.3667/3.6719			
					100*、110*、120*、125*	212	167													
					130、140、150	252	202													
LM14/LMD14/LMS14	12500	25000	1900	1500	100*、110*、120*、125*	212	167	135	333	358	383	400	335	500	MT14 $^{a}_{b}$	127.59/196.32/165.25	2.499/4.8669/5.1581			
					130*、140*、150	252	202													
					160	302	242													

注：1. 优先选用 $L_{推荐}$ 轴孔长度，相应联轴器长度为 $L_{0推荐}$。若轴孔长度选用其他尺寸时，请与生产厂家联系。

2. 质量、转动惯量按 $L_{推荐}$ 最小轴孔计算的近似值。

3. 带 * 号轴孔直径可用于 Z 型轴孔。

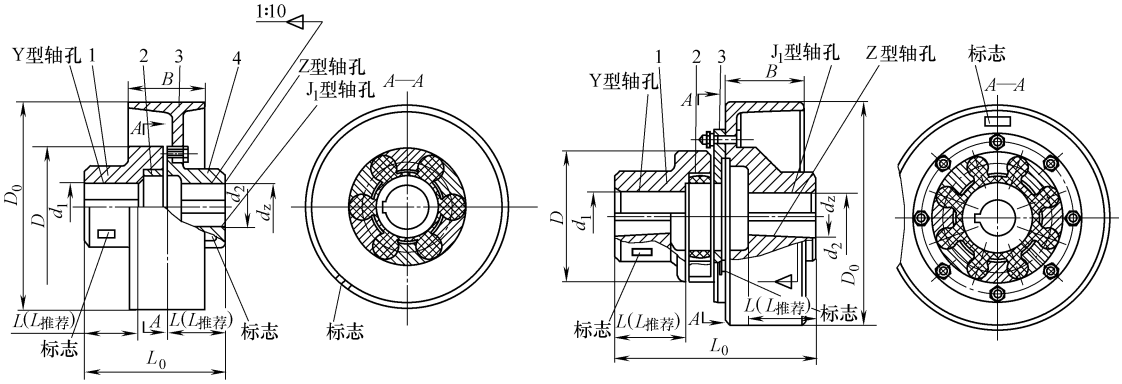
4. a、b 为两种材质、硬度不同的弹性件代号。

5. 许用运转补偿量约为许用安装误差的一倍。

6. 轴孔形式按 GB/T 3852 的规定，轴孔长度优选 L^*。

7. 本标准适用于连接两同轴线的传动轴系，具有一定补偿两轴相对偏移和一般减振性能，工作温度为 −35～80℃。

表 12-37　LMZ-Ⅰ型、LMZ-Ⅱ型梅花形弹性联轴器的基本参数和主要尺寸



型号	公称转矩 T_n/(N·m) 弹性件硬度 a/H_A 80±5	b/H_D 90±5	许用转速 [n] r/min	轴孔直径 d_1、d_2、d_z mm	轴孔长度 L Y型	J、Z型	$L_{推荐}$	$L_{0推荐}$ LMZ-Ⅰ	LMZ-Ⅱ	D_0	B	D	弹性件型号	质量 LMZ-Ⅰ/LMZ-Ⅱ kg	转动惯量 LMZ-Ⅰ/LMZ-Ⅱ kg·m²	许用安装误差 径向 ΔY mm	轴向 ΔX	角向 Δα (°)
LMZ5-Ⅰ-160 / LMZ5-Ⅱ-160	250	400	4750	25、28	62	44	50	127	188.5	160	70	105	MT5 $\frac{a}{b}$	6.602 / 5.18	0.0198 / 0.0159	0.4	2.5	1
				30、32、35、38	82	60												
				40、42、45	112	84												
LMZ5-Ⅰ-200 / LMZ5-Ⅱ-200			3800	25、28	62	44			203.5	200	85			9.204 / 6.54	0.044 / 0.0391			
				30、32、35、38	82	60												
				40、42、45	112	84												
LMZ6-Ⅰ-200 / LMZ6-Ⅱ-200	400	710		30、32、35、38	82	60	55	143	215			125	MT6 $\frac{a}{b}$	11.45 / 9.12	0.052 / 0.0448	0.5	3	0.7
				40、42、45、48	112	84												
LMZ7-Ⅰ-200 / LMZ7-Ⅱ-200	630	1120		35*、38*	82	60	60	159	227			145	MT7 $\frac{a}{b}$	13.96 / 12.31	0.064 / 0.0527			
				40*、42*、45、41、50、55、56	112	84												
LMZ7-Ⅰ-250 / LMZ7-Ⅱ-250			3050	35*、38*	82	60			257	250	105			20.09 / 14.28	0.144 / 0.1189			
				40*、42*、45、48、50、55、56	112	84												
LMZ8-Ⅰ-250 / LMZ8-Ⅱ-250	1120	2240		45*、48*、50、55、56			70	181	270			170	MT8 $\frac{a}{b}$	24.65 / 19.38	0.175 / 0.1402		3.5	
				60、63、65	142	107												
LMZ8-Ⅰ-315 / LMZ8-Ⅱ-315			2400	45*、48*、50、55、56	112	84			300	315	135			34.13 / 34.02	0.374 / 0.3666			
				60、63、65	142	107												
LMZ9-Ⅰ-315 / LMZ9-Ⅱ-315	1800	3550	2400	50*、55*、56*	112	84	80	208	319	315	315	200	MT9 $\frac{a}{b}$	41.67 / 32.16	0.45 / 0.4039	0.7	4	0.7
				60、63、65、70、71、75	142	107												
				80	172	132												
LMZ9-Ⅰ-400 / LMZ9-Ⅱ-400			1900	50*、55*、56*	112	84			354	400	170			65.61 / 40.18	1.259 / 1.0863			
				60、63、65、70、71、75	142	107												
				80	172	132												
LMZ10-Ⅰ-400 / LMZ10-Ⅱ-400	2800	5600		60*、63*、65*、70、71、75	142	107	90	230	369			230	MT10 $\frac{a}{b}$	74.53 / 50.72	1.4 / 1.17		4.5	0.5
				80、85、90、95	172	132												
				100	212	167												

（续）

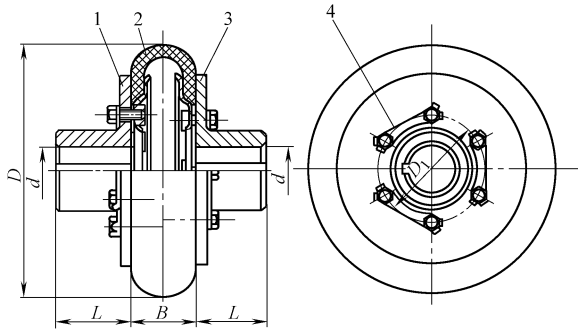
型　号	公称转矩 T_n/(N·m) 弹性件硬度 a/H_A 80±5	b/H_D 90±5	许用转速 [n] r/min	轴孔直径 d_1、d_2、d_z mm	轴孔长度 L Y型	J、Z型	$L_{推荐}$	$L_{0推荐}$ LMZ-Ⅰ	LMZ-Ⅱ	D_0	B	D	弹性件型号	质量 LMZ-Ⅰ/LMZ-Ⅱ kg	转动惯量 LMZ-Ⅰ/LMZ-Ⅱ kg·m²	许用安装误差 径向 ΔY mm	轴向 ΔX	角向 Δα (°)
LMZ10-Ⅰ-500/LMZ10-Ⅱ-500	2800	5600	1500	60*、63*、65*、70、71、75	142	107	90	230	423	500	210	230	MT10 a/b	110.6/64.14	3.472/3.0039	0.7	4.5	0.5
				80、85、90、95	172	132												
				100	212	167												
LMZ11-Ⅰ-500/LMZ11-Ⅱ-500	4500	9000		70*、71*、75*	142	107	100	260	448			260	MT11 a/b	121.7/81.75	3.715/3.1957		5	
				80*、85*、90、95	172	132												
				100、110、120	212	167												
LMZ12-Ⅰ-630/LMZ12-Ⅱ-630	6300	12500	1200	80*、85*、90*、95*	172	132	115	297	523	630	265	300	MT12 a/b	213.7/133.80	10.24/9.0441	0.8		
				100、110、120、125	212	167												
				130	252	202												
LMZ13-Ⅰ-710/LMZ13-Ⅱ-710	11200	20000	1050	90*、95*	172	132	125	323	583	710	300	360	MT13 a/b	341.6/195.93	19.99/16.489			
				100*、110*、120*、125*	212	167												
				130、140、150	252	202												
LMZ14-Ⅰ-800/LMZ14-Ⅱ-800	12500	25000	950	100*、110*、120*、125*	212	167	135	333	633	800	340	400	MT14 a/b	510.1/294.51	39.36/3.985			
				130*、140*、150	252	202												
				160	302	242												

注：1. 制动轮定位尺寸请向生产厂咨询。
2. 许用运转补偿量为许用安装误差的一倍。
3. 带 * 号轴孔直径可用 Z 型轴孔。
4. 优先选用 $L_{推荐}$ 轴孔长度，相应联轴器长度为 $L_{0推荐}$。
5. 质量、转动惯量是按 $L_{推荐}$ 最小轴孔计算的近似值。
6. a、b 为两种不同材质、硬度弹性件代号。
7. 许用运转补偿量为安装误差的一倍。
8. LMZ-Ⅰ型制动轮与半连轴器连接螺栓的预紧力矩：

螺栓规格/mm	M8	M10	M12	M16	M20
预紧力矩/(N·m)	26	45	80	200	400

12.2.3.6　轮胎式联轴器（见表 12-38）

表 12-38　轮胎式联轴器的基本参数和主要尺寸



UL 型轮胎式联轴器

1、3—半联轴器　2—轮胎环　4—止退垫板

标记示例

UL5 轮胎式联轴器

主动端：Y 型轴孔、A 型键槽

$d=28$mm、$L=62$mm

从动端 J_1 型轴孔、B 型键槽

$d=32$mm、$L=62$mm

UL5 联轴器 $\frac{28\times62}{J_1B32\times62}$　GB/T 5844—2002

（续）

型号	公称转矩 T_n /(N·m)	瞬时最大转矩 T_{max} /(N·m)	许用转速 [n] /(r·min^{-1})	轴孔直径 d(H7) /mm	轴孔长度 L/mm J、J_1 型	轴孔长度 L/mm Y 型	D mm	B mm	D mm	质量 m/kg	转动惯量 I/(kg·m^2)
UL1	10	31.5	5000	11	22	25	80	20	42	0.7	0.0003
				12、14	27	32					
				16、18	30	42					
UL2	25	80	5000	14	27	32	100	26	51	1.2	0.0008
				16、18、19	30	42					
				20、22	38	52					
UL3	63	180	4800	18、19	30	42	120	32	62	1.8	0.0022
				20、22、24	38	52					
				25	44	62					
UL4	100	315	4500	20、22、24	38	52	140	38	69	3	0.0044
				25、28	44	62					
				30	60	82					
UL5	160	500	4000	24	38	52	160	45	80	4.6	0.0084
				25、28	44	62					
				30、32、35	60	82					
UL6	250	710	3600	28	44	62	180	50	90	7.1	0.0164
				30、32、35、38	60	82					
				40	84	112					
UL7	315	900	3200	32、35、38	60	82	200	56	104	10.9	0.0290
				40、42、45、48	84	112					
UL8	400	1250	3000	38	60	82	220	63	110	13	0.0448
				40、42、45、48、50	84	112					
UL9	630	1800	2800	42、45、48、50、55、56	84	112	250	71	130	20	0.0898
				60	107	142					
UL10	800	2240	2400	45*、48*、50*、55、56、60	84	112	280	80	148	30.6	0.1596
				63、65、70	107	142					
UL11	1000	2500	2100	50*、55*、56*	84	112	320	90	165	39	0.2792
				60、63、65、70、71、75	107	142					
UL12	1600	4000	2000	55*、56*	84	112	360	100	188	59	0.5356
				60*、63*、65*、70、71、75	107	142					
				80、85	132	172					
UL13	2500	6300	1800	63*、65*、70*、71*、75*	107	142	400	110	210	81	0.8960
				80、85、90、95	132	172					
UL14	4000	10000	1600	75*	107	142	480	130	254	140	2.2616
				80*、85*、90*、95*	132	172					
				100、110	167	212					
UL15	6300	14000	1200	85*、90*、95*	132	172	560	150	300	222	4.6456
				100*、110*、120*、125*	167	212					

（续）

型号	公称转矩 T_n /(N·m)	瞬时最大转矩 T_{max} /(N·m)	许用转速 [n] /(r·min^{-1})	轴孔直径 d(H7) /mm	轴孔长度 L/mm J、J_1 型	轴孔长度 L/mm Y 型	D	B	D	质量 m/kg	转动惯量 I/(kg·m^2)
							mm				
UL16	10000	20000	1000	100*、110*、120*、125*、130、140	167	212	630	180	335	302	8.0924
					202	252					
UL17	16000	31500	900	120*、125*	167	212	750	210	405	561	20.0176
				130*、140*、150*	202	252					
				160*	242	302					
UL18	25000	59000	800	140*、150*	202	252	900	250	400	818	43.0530
				150*、170*、180*	242	302					

注：1. 轴孔直径有 * 号者为结构允许制成 J 型轴孔。

2. Y 型为长圆柱形轴孔，J 型为有沉孔的短圆柱形轴孔，J_1 型为无沉孔的短圆柱形轴孔。

12.2.4　金属弹性元件挠性杆联轴器

金属弹性元件挠性杆联轴器相关参数见表 12-39 ~ 表 12-46，均摘自 GB/T 14653—2008。

表 12-39　S 型 6 杆联轴器基本参数

型号	额定扭矩 T_n /(kN·m)	静扭转刚度 C_a /(MN·m·rad^{-1})	弯曲刚度 C_b /(kN·m·rad^{-1})	轴向刚度 C_k /(N·mm^{-1})	最高转速 n_{max} /(r·min^{-1})	参数 i /mm	参数 k /mm	许用角向补偿量 β /rad	许用角向补偿量 β_{max} /rad
S25	5.9	5.7	9	1020	5300	135	25	12×10^{-3}	15×10^{-3}
S28	8.4	8.1	11	1140	4800	150	28		
S31.5	11.8	11.4	14	1280	4200	170	31		
S35.5	16.7	16.1	18	1440	3700	190	35		
S40	23.6	22.7	23	1620	3300	210	39		
S45	33.4	32.1	28	1810	2900	240	44		
S50	47.2	45.3	36	2040	2700	270	49		
S56	66.6	64.0	45	2280	2400	300	55		
S63	94.0	90.0	57	2560	2100	335	62		
S71	133.0	128.0	71	2870	1900	375	70		
S80	188.0	180.0	90	3230	1650	420	78		
S90	265.0	255.0	113	3600	1500	470	88		
S100	375.0	360.0	143	4050	1350	530	98		
S112	529.0	508.0	180	4550	1200	600	110		
S125	748.0	720.0	226	5100	1050	670	124		
S140	1056.0	1010.0	285	5700	950	750	139		
S160	1490.0	1430.0	358	6400	850	840	156		
S180	2107.0	2020.0	450	7200	750	945	175		

注："许用角向补偿量"的 β 为连续工作状态；β_{max} 为瞬时工作状态。

表 12-40　S 型 8 杆联轴器基本参数

型号	额定扭矩 T_n /(kN·m)	静扭转刚度 C_a /(MN·m·rad^{-1})	弯曲刚度 C_b /(kN·m·rad^{-1})	轴向刚度 C_k /(N·mm^{-1})	最高转速 n_{max} /(r·min^{-1})	参数 i /mm	参数 k /mm	参数 β /rad	参数 β_{max} /rad
S25	7.9	6.9	11	1080	5300	135	25	8×10^{-3}	12×10^{-3}
S28	11.2	8.8	14	1210	4800	150	28		
S31.5	15.8	12.7	17	1350	4200	170	31		
S35.5	22.3	18.6	22	1520	3700	190	35		
S40	31.5	26.5	27	1710	3300	210	39		
S45	44.5	37.3	34	1920	2900	240	44		
S50	62.9	52.0	43	2150	2700	270	49		
S56	88.9	73.5	54	2410	2400	300	55		
S63	125.5	104.0	68	2710	2100	335	62		
S71	177.5	147.0	86	3040	1900	375	70		
S80	250.5	208.0	108	3410	1650	420	78		
S90	354.0	295.0	136	3830	1500	470	88		
S100	500.0	415.0	171	4300	1350	530	98		
S112	706.0	586.0	215	4800	1200	600	110		
S125	997.0	825.0	271	5400	1050	670	124		
S140	1410.0	1170.0	341	6050	950	750	139		
S160	1990.0	1650.0	430	6800	850	840	156		
S180	2810.0	2330.0	540	7650	750	945	175		

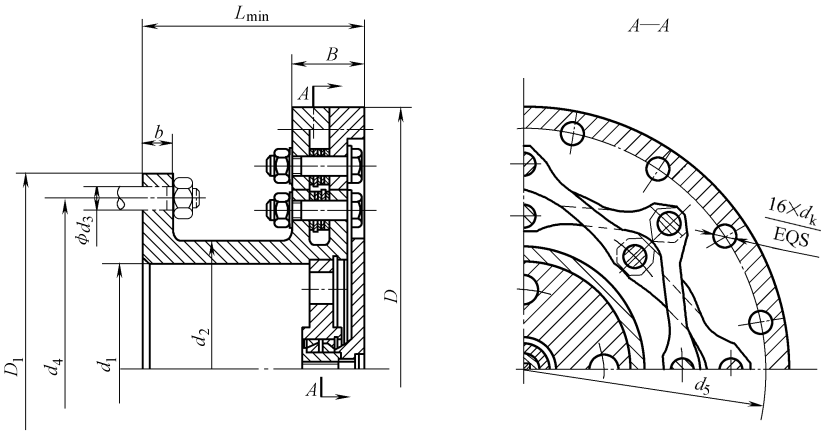
表 12-41　H 型 6 杆联轴器基本参数

型号	额定扭矩 T_n /(kN·m)	静扭转刚度 C_a /(MN·m·rad^{-1})	弯曲刚度 C_b /(kN·m·rad^{-1})	轴向刚度 C_k /(N·mm^{-1})	最高转速 n_{max} /(r·min^{-1})	参数 i /mm	参数 k /mm	参数 β /rad	参数 β_{max} /rad
H25	4.7	5.7	9	1020	10700	135	25	9×10^{-3}	11×10^{-3}
H28	6.7	8.1	11	1140	9500	150	28		
H31.5	9.5	11.4	14	1280	8500	170	31		
H35.5	13.4	16.1	18	1440	7500	190	35		
H40	18.9	22.7	23	1620	6700	210	39		
H45	26.7	32.1	28	1810	5900	240	44		
H50	37.7	45.3	36	2040	5300	270	49		
H56	53.3	64.0	45	2280	4800	300	55		
H63	75.3	90.0	57	2560	4200	335	62		
H71	106.5	128.0	71	2870	3800	375	70		
H80	150.0	180.0	90	3230	3300	420	78		
H90	212.0	255.0	113	3600	3000	470	88		
H100	300.0	360.0	143	4050	2700	530	98		
H112	423.0	508.0	180	4550	2400	600	110		
H125	598.0	720.0	226	5100	2100	670	124		
H140	845.0	1010.0	285	5700	1900	750	139		
H160	1190.0	1430.0	358	6400	1700	840	156		
H180	1680.0	2020.0	450	7200	1500	945	175		

表 12-42　H 型 8 杆联轴器基本参数

型号	额定扭矩 T_n /(kN·m)	静扭转刚度 C_a /(MN·m·rad^{-1})	弯曲刚度 C_b /(kN·m·rad^{-1})	轴向刚度 C_k /(N·mm^{-1})	最高转速 n_{max} /(r·min^{-1})	参数 i /mm	参数 k /mm	参数 β /rad	参数 β_{max} /rad
H25	6.3	6.9	11	1080	10700	135	25	6×10^{-3}	9×10^{-3}
H28	9.0	8.8	14	1210	9500	150	28		
H31.5	12.6	12.7	17	1350	8500	170	31		
H35.5	17.8	18.6	22	1520	7500	190	35		
H40	25.2	26.5	27	1710	6700	210	39		
H45	35.6	37.3	34	1920	5900	240	44		
H50	50.3	52.0	43	2150	5300	270	49		
H56	71.1	73.5	54	2410	4800	300	55		
H63	100.5	104.0	68	2710	4200	335	62		
H71	142.0	147.0	86	3040	3800	375	70		
H80	200.0	208.0	108	3410	3300	420	78		
H90	283.0	295.0	136	3830	3000	470	88		
H100	400.0	415.0	171	4300	2700	530	98		
H112	565.0	586.0	215	4800	2400	600	110		
H125	798.0	825.0	271	5400	2100	670	124		
H140	1128.0	1170.0	341	6050	1900	750	139		
H160	1590.0	1650.0	430	6800	1700	840	156		
H180	2250.0	2330.0	540	7650	1500	945	175		

表 12-43　P 型连接挠性杆联轴器的主要尺寸、转动惯量和质量



标记示例

普通型,尺寸代号为 56、P 型连接式、8 组杆件,带轴向固定的联轴器标记为:

联轴器　GB/T 14653—2008　S56-P8A

高速型,尺寸代号为 56、P 型连接式、6 组杆件,不带轴向固定的联轴器标记为:

联轴器　GB/T 14653—2008　H56-P6

型号	D	B	d_5	d_k	D_1	d_4	b	$l\times d_3$①	d_1	d_2	L_{min}	总质量 单个②	总质量 100mm③	转动惯量 I 内部	转动惯量 I 外部	转动惯量 I 100mm④
	mm											kg		kg·m^2		
S(H)25	301	49	271	17	238	200	18	20×13	119	147	135	27.0	4.6	0.09	0.18	0.02
S(H)28	337	54	304	19	250	220	20	20×15	134	165	155	38.0	5.7	0.16	0.32	0.03
S(H)31.5	378	61	341	21	275	240	23	20×17	150	185	175	52.5	7.2	0.26	0.57	0.05

（续）

型号	D	B	d_5	d_k	D_1	d_4	b	$l\times d_3$①	d_1	d_2	L_{min}	总质量		转动惯量 I		
												单个②	100mm③	内部	外部	100mm④
	mm											kg		kg·m²		
S(H)35.5	425	68	382	23	310	270	25	20×19	169	208	200	74.0	9.1	0.46	1.01	0.08
S(H)40	476	75	429	25	355	312	28	20×21	189	233	220	104.5	11.5	0.85	1.80	0.13
S(H)45	535	85	481	28	415	370	32	20×23	212	262	250	153.5	14.6	1.61	3.20	0.21
S(H)50	600	93	540	31	430	380	35	24×25	238	294	270	206.0	18.4	2.74	5.70	0.33
S(H)56	673	104	606	34	475	420	38	24×28	267	330	305	289.0	23.2	4.28	10.10	0.53
S(H)63	755	116	680	40	550	490	45	24×32	300	370	330	410.0	28.9	7.94	18.00	0.82
S(H)71	847	134	763	43	625	560	48	24×34	337	415	365	577.0	36.1	14.10	82.00	1.29
S(H)80	950	147	856	50	710	635	54	24×38	378	466	395	813.0	45.8	25.50	57.00	2.06
S(H)90	1066	165	961	54	885	810	60	24×40	424	523	445	1207.0	57.8	59.50	101.00	3.30
S(H)100	1197	182	1078	62	920	841	70	30×44	475	586	490	1606.0	72.6	91.60	180.00	5.20
S(H)112	1343	208	1209	66	1070	980	75	30×46	533	658	515	2345.0	91.8	458.00	320.00	8.20
S(H)125	1506	230	1357	74	1270	1170	85	30×50	599	738	590	3320.0	114.6	309.00	370.00	12.90
S(H)140	1690	257	1522	82	1480	1370	95	30×55	672	828	655	4821.0	144.3	594.00	1012.00	20.50
S(H)160	1896	287	1708	93	1860	1740	105	30×58	754	929	725	7205.0	181.6	1419.00	1800.00	32.50
S(H)180	2128	321	1917	104	2030	1900	120	30×66	846	1043	805	10040.0	229.5	2359.00	3200.00	51.70

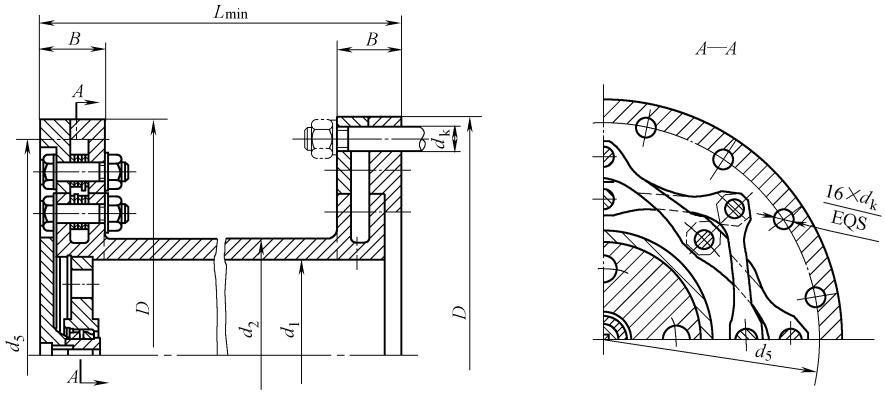
① I 表示 ϕd，孔的个数。

② 表示 L_{min} 的总质量。

③ 表示 L 每增加 100mm 所增加的质量。

④ 表示 L 每增加 100mm 所增加的转动惯量。

表 12-44　T 型连接挠性杆联轴器的主要尺寸、转动惯量和质量

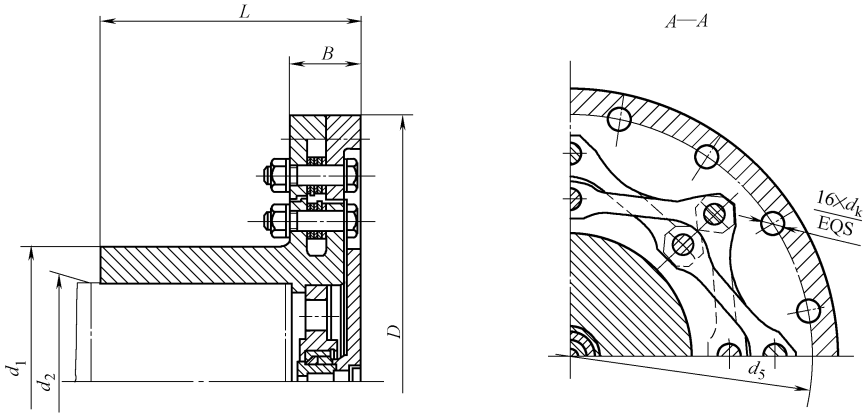


型号	D	B	d_5	d_k	d_1	d_2	L_{min}	总质量		转动惯量 I		
								单个	100mm	内部	外部	100mm
	mm							kg		kg·m²		
S(H)25	301	49	271	17	119	147	146	18	4.6	0.03	0.18	0.02
S(H)28	337	54	304	19	134	165	168	25	5.7	0.06	0.32	0.03
S(H)31.5	378	61	341	21	150	185	185	34	7.2	0.09	0.57	0.05
S(H)35.5	425	68	382	23	169	208	209	48	9.1	0.16	1.01	0.08
S(H)40	476	75	429	25	189	233	232	69	11.5	0.28	1.80	0.13
S(H)45	535	85	481	28	212	262	262	97	14.6	0.50	3.20	0.21
S(H)50	600	93	540	31	238	294	289	135	18.4	1.13	5.70	0.33
S(H)56	673	104	606	34	267	330	319	191	23.2	1.54	10.10	0.53
S(H)63	755	116	680	40	300	370	364	269	28.9	2.71	18.00	0.82

（续）

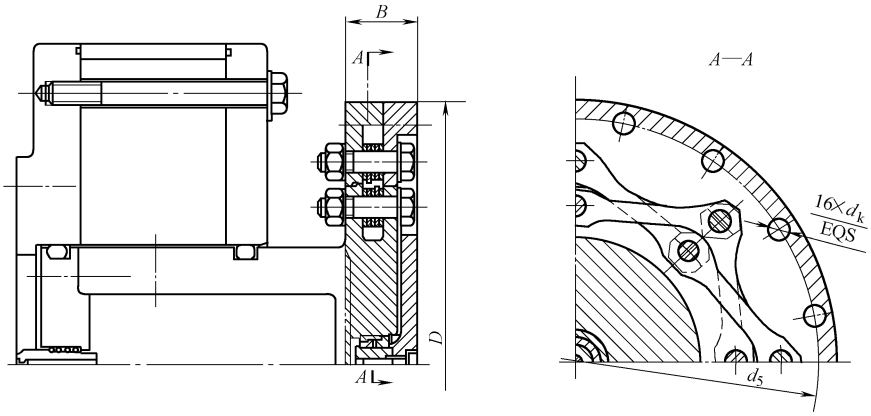
型号	D	B	d_5	d_k	d_1	d_2	L_{min}	总质量		转动惯量 I		
								单个	100mm	内部	外部	100mm
	mm							kg		kg · m²		
S(H)71	847	134	763	43	337	415	402	380	36.1	4.80	32.00	1.29
S(H)80	950	147	856	50	378	466	450	537	45.8	8.70	57.00	2.06
S(H)90	1066	165	961	54	424	523	500	761	57.8	20.00	101.00	3.30
S(H)100	1197	182	1078	62	475	586	566	1033	72.6	34.00	180.00	5.20
S(H)112	1343	208	1209	66	533	658	622	1516	91.8	48.00	320.00	8.20
S(H)125	1506	230	1357	74	599	738	702	2084	114.6	82.00	570.00	12.90
S(H)140	1690	257	1522	82	672	828	778	2995	144.3	143.00	1012.00	20.50
S(H)160	1896	287	1708	93	754	929	868	4207	181.6	275.00	1800.00	32.50
S(H)180	2128	321	1917	104	846	1043	972	5950	229.5	490.00	3200.00	51.70

表 12-45　F 型连接挠性杆联轴器的主要尺寸、转动惯量和质量



型号	D	B	d_5	d_k	d_1	d_2	L	总质量	转动惯量 I	
									内部	外部
	mm							kg	kg · m²	
S(H)25	301	49	271	17	147	107	147	24.7	0.06	0.18
S(H)28	337	54	304	19	165	120	165	34.5	0.11	0.32
S(H)31.5	378	61	341	21	185	135	185	47.3	0.18	0.57
S(H)35.5	425	68	382	23	208	151	207	67.0	0.32	1.01
S(H)40	476	75	429	25	233	170	233	96.0	0.56	1.80
S(H)45	535	85	481	28	262	190	261	135.0	1.00	3.20
S(H)50	600	93	540	31	291	213	292	189.0	2.00	5.70
S(H)56	673	104	606	34	330	239	328	267.0	3.10	10.10
S(H)63	755	116	680	40	370	269	369	376.0	5.50	18.00
S(H)71	847	134	763	43	415	301	314	531.0	9.80	32.00
S(H)80	950	147	856	50	466	338	464	751.0	17.60	57.00
S(H)90	1066	165	961	54	523	379	520	1065.0	35.80	101.00
S(H)100	1197	182	1078	62	586	425	585	—	—	—
S(H)112	1343	208	1209	66	658	478	655	—	—	—
S(H)125	1506	230	1357	74	738	535	735	—	—	—
S(H)140	1690	257	1522	82	828	600	820	—	—	—
S(H)160	1896	287	1708	93	929	675	920	—	—	—
S(H)180	2128	321	1917	104	1043	755	—	—	—	—

表 12-46　K 型连接挠性杆联轴器的主要尺寸、转动惯量和质量



型号	D	B	d_5	d_k	总质量	转动惯量 I	
						内部	外部
	mm				kg	kg · m²	
S(H)25	301	49	271	17	19.3	0.03	0.18
S(H)28	337	54	304	19	27.1	0.06	0.32
S(H)31.5	378	61	341	21	38.1	0.10	0.57
S(H)35.5	425	68	382	23	53.5	0.18	1.01
S(H)40	476	75	429	25	75.0	11.50	1.82
S(H)45	535	85	481	28	106.0	14.60	3.20
S(H)50	600	93	540	31	149.0	18.40	5.70
S(H)56	673	104	606	34	209.0	23.20	10.10
S(H)63	755	116	680	40	293.0	28.90	18.00
S(H)71	847	134	763	43	412.0	36.10	32.00
S(H)80	950	147	856	50	579.0	45.80	10.10
S(H)90	1066	165	961	54	813.0	57.80	18.00
S(H)100	1197	182	1078	62	1143.0	72.60	32.00
S(H)112	1343	208	1209	66	1605.0	91.80	57.00
S(H)125	1506	230	1357	74	2255.0	114.60	101.00
S(H)140	1690	257	1522	82	3168.0	144.30	180.00
S(H)160	1896	287	1708	93	4451.0	181.60	320.00
S(H)180	2128	321	1917	104	6253.0	229.50	570.00

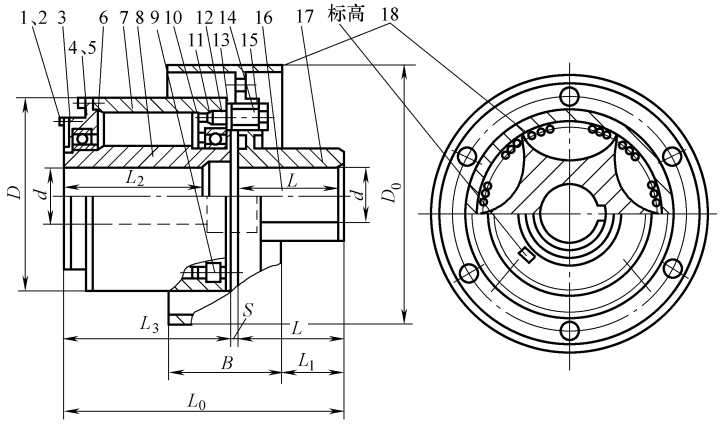
12.2.5　安全联轴器

安全联轴器见表 12-47 ~ 表 12-50。

12.2.5.1　钢球式安全节能安全联轴器（离心离合器）

表 12-47　AQ 型、AQZ 型钢球式节能安全联轴器（离心离合器）的基本参数和主要尺寸

摘自（JB/T 5987—1992）



1、4—螺栓　3、12—轴承盖　2、5、13—弹簧垫圈　6—端盖　7—壳体　8—转子　9—沉头螺塞
10—密封圈　11—滚动轴承　14—弹性套　15—弹性柱销　16—定位螺钉　17—半联轴器　18—钢球

型号	各种转速下能传递的功率/kW					轴孔直径 d(H7)	主动端轴孔长度		从动端轴孔长度 J_1、Z_1 型	D	L_0 <	S	AQZ 型			许用转速[n]/(r·min^{-1})	
	600	750	1000	1500	3000		L_2	L_3	L				D_0	B	L_1	铁	钢
	r/min					mm											
AQ1	—	—	—	0.5	4	19	42	100	30	80	166	3～4	160	70	30	7160	9550
						24	52		38								
AQZ1						28	62		44							3580	4770
AQ2	—	—	—	1	7.5	19	42	110	30	100	176	3～4	160	70	30	5730	7640
						24	52		38								
AQZ2						28	62		44							3580	4770
						38	82		60								
AQ3	—	—	0.87	3	24	24	52	150	38	130	238	3～4	160	70	47	4410	5880
						28	62		44								
AQZ3						38	82		60							3580	4770
						42、45	112		84								
AQ4	—	—	1.3	4.5	36	28	62	150	44	150	238	3～4	200	85	47	3820	5090
						38	82		60								
AQZ4						42、48、55	112		84							2060	3020
AQ5	—	—	3.6	12	96	38	82	150	60	180	262	4～5	250	105	42	3180	4240
						42、48、55	112		84								
AQZ5						60、65	142		107							2290	3060
AQ6	—	2.53	6	20	162	38	82	150	60	200	262	4～5	250	105	47	2860	3820
						42、48	112		84								
AQZ6						55、60、65、70	142		107							2290	3060
AQ7	—	6.0	14.6	49	393	42、48、55	112	210	84	220	322	4～5	250	107	57	2600	3470
AQZ7						60、65、70、75	142		107							2290	3060
AQ8	—	10	24	80	644	48、55	112	210	84	250	347	4～5	315	135	72	2290	3060
						60、65、70、75	142		107								
AQZ8						80、85	172		132							1820	2430

（续）

型号	各种转速下能传递的功率/kW					轴孔直径 d(H7)	主动端轴孔长度		从动端轴孔长度 J_1、Z_1 型	D	L_0 <	S	AQZ 型			许用转速[n]/(r·min^{-1})	
	600	750	1000	1500	3000		L_2	L_3	L				D_0	B	L_1	铁	钢
	r/min					mm											
AQ9	—	21	51	173	1380	60、65、70、75	142	250	107	280	387	4～5	400	170	72	2140	2850
AQZ9						90、95	172		132							1430	1910
AQ10	—	25	60	200	1600*	60、65、70、75	142	250	107	300	423	5～6	400	170	97	1830	2240
AQZ10						80、85、90	172		132							1430	1910
						100	212		167								
AQ11	23	46	110	360	—	75	142	250	107	350	423	5～6	400	170	97	1600	2140
AQZ11						80、85、90	172		132							1430	1910
						100、110	212		167								
AQ12	45	95	240	830	—	80、85、90	172	300	132	400	508	5～6	558	210	102	1400	1870
AQZ12						100、110、120、125	212		167							1150	1530
						130	252		202								
AQ13	58	113	267	902	—	80、85、90、95	172	300	132	450	508	5～6	500	210	102	1250	1660
AQZ13						100、110、120、125	212		167							1150	1530
						130、140、150	252		202								
AQ14	126	247	585	1975*	—	90、95	172	350	132	500	600	6～8	630	265	122	1120	1400
						100、110、120、125	212		167								
AQZ14						130、140、150	252		202							910	1210
						160、170	302		242								
AQ15	296	585	1372	4632*	—	110、120、125	212	450	167	550	700	6～8	630	265	122	1020	1360
AQZ15						130、140、150	252		202							910	1210
						160、170、180	302		242								
AQ16	355	694	1645*	5550*	—	125	212	450	167	600	740	6～8	810	340	122	940	1250
						130、140、150	252		202								
AQZ16						160、170、180	302		242							950	1250
						190	352		282								
AQ17	630	1230*	2916*	—	—	140、150	252	500	202	650	792	8～10	800	340	182	860	1150
						160、170、180	302		242								
AQZ17						190、200、220	352		282							720	1150

注：1. 表中带“*”号的半离合器材料为钢。

2. 从动端轴孔形式按表 12-49 的规定。

3. 两轴线许用相对偏移量

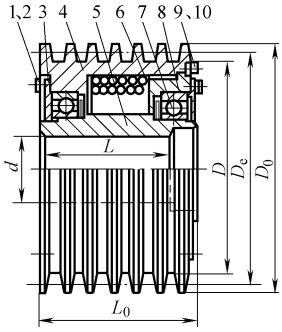
	AQ(Z)1～6	AQ(Z)7～10	AQ(Z)11～14	AQ(Z)15～17
径向 Δy/mm	0.2	0.3	0.4	0.6
角向 $\Delta\alpha$	1°30′	1°00′		0°30′

4. 许用转速［n］栏横线上数字为 AQ 型的值，横线下为 AQZ 型的值。

5. 生产厂：上海红星机械厂、宁波伟隆传动机械有限公司。

表 12-48　AQD 型钢球式节能安全联轴器（钢球式离心离合器）的基本参数和主要尺寸

摘自（JB/T 5987—1992）



1、9—螺栓　2、10—弹簧垫圈　3—轴承盖　4—带轮式壳体　5—转子
6—密封盖　7—滚动轴承　8—端盖

型号	各种转速下所能传递的功率/kW					轴孔直径 d(H7)	轴孔长度 L	D	L_0	D_0	D_e	许用转速 $[n]$/(r·min^{-1})	
	600	750	1000	1500	3000							铁	钢
	r/min					mm							
AQD1	—	—	—	0.5	4	19	42	80	100	125	118	4580	6110
						24	52						
						28	62						
AQD2	—	—	—	1	7.5	19	42	100	110	130	125	4410	5880
						24	52						
						28	62						
						38	82						
AQD3	—	—	0.87	3	24	24	52	130	150	150	140	3825	5090
						28	62						
						38	82						
						42、45	112						
AQD4	—	—	1.3	4.5	36	28	62	150	150	190	180	3020	4020
						38	82						
						42、48、55	112						
AQD5	—	—	3.6	12	96	38	82	180	150	212	200	2700	3600
						42、48、55	112						
						60、65	142						
AQD6	—	2.53	6	20	162	38	82	200	150	248	236	2310	3080
						42、48	112						
						55、60、65、70	142						
AQD7	—	6	14.6	49	393	42、48、55	112	220	210	262	250	2190	2920
						60、65、70、75	142						
AQD8	—	10	24	80	644	48、55	112	250	210	292	280	1960	2620
						60、65、70、75	142						
						80、85	172						
AQD9	—	21	51	173	1380	60、65、75	142	280	250	332	315	1730	2300
						80、90	172						
AQD10	—	25	60	200	1600*	60、65、75	142	300	250	372	355	1540	2050
						80、85、90	172						
						100	212						

（续）

型号	各种转速下所能传递的功率/kW					轴孔直径 d(H7)	轴孔长度 L	D	L_0	D_0	D_e	许用转速 $[n]$/(r·min^{-1})	
	600	750	1000	1500	3000							铁	钢
	r/min					mm							
AQD11	23	46	110	360	—	75	142	350	250	417	400	1370	1830
						80、85、90	172						
						100、110、120	212						
AQD12	45	95	240	830	—	80、85、90	172	400	300	467	450	1230	1640
						100、110、120、125	212						
						130、140	252						
AQD13	58	113	267	902	—	80、85、90、95	172	450	300	520	500	1100	1470
						100、110、120、125	212						
						130、140	252						
AQD14	126	247	585	1975	—	90、95	172	500	350	580	560	990	1320
						100、110、120、125	212						
						130、140、150	252						
						160、170	302						
AQD15	296	585	1372	4632*	—	110、120、125	212	550	450	620	600	920	1230
						130、140、150	252						
						160、170、180	302						
AQD16	355	694	1645	5550*	—	125	212	600	450	690	670	830	1110
						130、140、150	252						
						160、170、180、190	302						
AQD17	630	1230*	2916*	—	—	140、150	252	650	500	730	710	780	1050
						160、170、180	302						
						190、200、220	352						

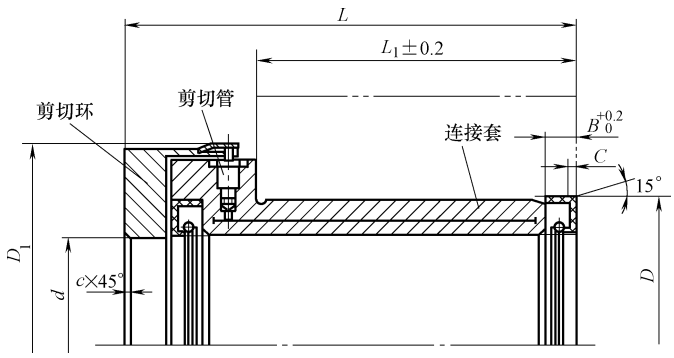
注：1. 带“*”号的离合器材料为钢。

2. 生产商：上海红星机械厂，宁波伟隆传动机械有限公司。

12.2.5.2　ALY 液压安全离合器（联轴器）

ALY 液压安全离合器相关参数见表 12-49～表 12-55，均摘自 JB/T 7355—2007。

表 12-49　DZ 型低速式轴连接安全联轴器



标记示例　AYL50DZ 型低速式轴连接安全联轴器

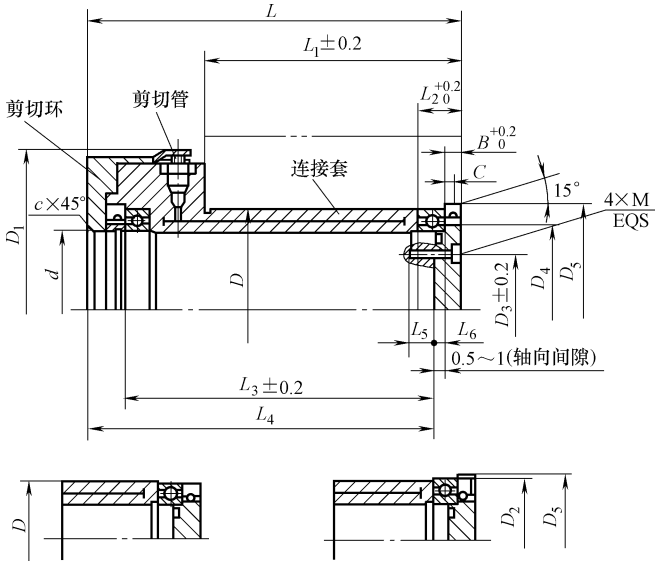
标记为　AYL50DZ 联轴器　JB/T 7355—2007

（续）

型号	滑动转矩 /(kN·m)	尺寸/mm								转动惯量 I/(kg·m²)	质量 m/kg
		d	D	D_1	L	L_1	B	C	c		
AYL30DZ	0.315～0.630	30	40	107	82	40	4	2	1.5	0.002	2.2
AYL35DZ	0.500～1.000	35	45	112	87	45	4	2	1.5	0.003	2.4
AYL40DZ	0.710～1.400	40	52	118	94	52	5	2	1.5	0.004	2.8
AYL45DZ	0.900～1.800	45	58	124	102	60	7	2	1.5	0.005	3.1
AYL50DZ	1.25～2.5	50	65	130	109	65	8	2	1.5	0.007	3.6
AYL60DZ	2.00～4.00	60	75	140	117	73	8	2	1.5	0.009	4.2
AYL70DZ	3.55～7.10	70	90	152	130	82	8	2	1.5	0.016	5.8
AYL80DZ	4.5～9.0	80	100	162	146	98	8	2	1.5	0.021	6.6
AYL90DZ	5.6～11.2	90	110	173	158	110	8	2	1.5	0.029	7.7
AYL100DZ	9.0～18.0	100	125	186	180	120	12	3	2	0.050	11.1
AYL110DZ	11.2～22.4	110	140	200	179	121	12	3	2	0.071	13.3
AYL120DZ	14.0～28.0	120	150	209	205	145	12	3	2	0.093	15.6
AYL130DZ	18.0～35.5	130	160	219	214	156	12	3	2	0.112	16.8
AYL140DZ	22.4～45	140	170	229	225	165	13	3	2	0.140	18.7
AYL150DZ	25～50	150	180	239	235	175	13	3	2.5	0.169	20.4
AYL160DZ	40～80	160	200	252	260	195	15	4	2.5	0.263	28.1
AYL170DZ	45～90	170	210	262	256	191	15	4	2.5	0.302	29.1
AYL180DZ	56～112	180	225	275	256	191	15	4	2.5	0.386	33.5
AYL190DZ	71～140	190	240	288	302	236	15	4	2.5	0.563	44.4
AYL200DZ	80～160	200	250	298	302	236	15	4	2.5	0.641	46.4
AYL220DZ	100～200	220	270	318	302	236	15	4	2.5	0.818	50.4

注：表中滑动转矩是当环境温度为0℃以上的值，若环境温度低于0℃时，温度每降低1℃，滑动转矩降低1.5%。

表 12-50　GZ 型高速式轴连接安全联轴器

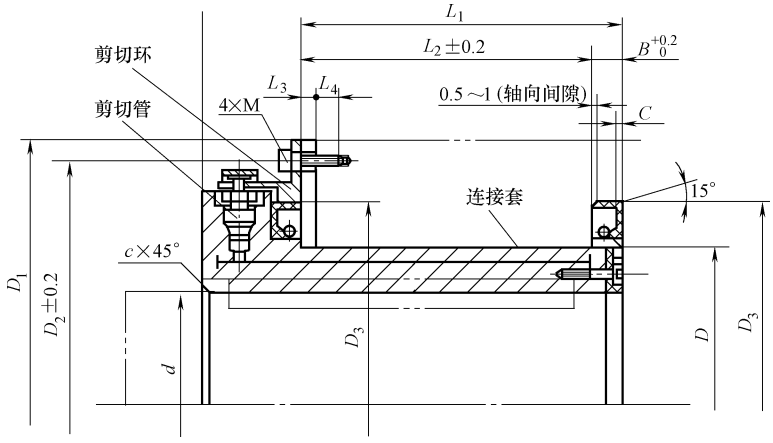


型号	滑动转矩 /(kN·m)	尺寸/mm																		转动惯量 I/(kg·m)	质量 m/kg
		d	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	B	M	C	c		
AYL60GZ	2.00～4.00	60	75	140	78	40	70	90	137	83	18	106	128	13	1	8	M6	2	1.5	0.014	5.4
AYL70GZ	3.55～7.10	70	90	152	90	50	80	100	150	92	18	115.5	140.5	13	1.5	8	M6	2	1.5	0.022	6.9
AYL80GZ	4.5～9.0	80	100	162	100	50	90	11	166	108	18	131.5	156.6	13	1.5	8	M6	2	1.5	0.031	8.3

（续）

型号	滑动转矩 /(kN·m)	尺寸/mm																		转动惯量 I/(kg·m)	质量 m/kg
		d	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	B	M	C	c		
AYL90GZ	5.6～11.2	90	110	173	115	65	100	125	184	123	25	145	170	18	2	12	M8	3	1.5	0.042	9.9
AYL100GZ	9.0～18.0	100	125	186	125	70	110	140	206	133	25	156	191	18	3	12	M8	3	1.5	0.065	12.9
AYL110GZ	11.2～22.4	110	140	200	140	80	120	150	208	137	28	167	193	18	3	12	M8	3	2	0.093	15.7
AYL120GZ	14.0～28.0	120	150	209	150	90	130	160	237	161	28	189	221	18	3	12	M8	3	2	0.121	18.3
AYL130GZ	18.0～35.5	130	160	219	165	100	140	170	250	174	31	201	234	18	3	13	M8	3	2	0.149	20.3
AYL140GZ	22.4～45.0	140	170	229	175	105	150	180	261	183	31	212	245	23	3	13	M10	3	2	0.185	22.7
AYL150GZ	25～50	150	180	239	190	115	160	190	275	195	35	222	257	23	3	15	M10	3	2	0.230	25.6
AYL160GZ	40～80	160	200	252	200	120	170	200	300	215	35	247	282	23	3	15	M10	3	2.5	0.341	32.7
AYL170GZ	45～90	170	210	262	215	130	180	215	300	213	37	247	282	23	3	15	M10	4	2.5	0.395	34.6
AYL180GZ	56～112	180	225	275	225	135	190	225	300	213	37	247	282	23	3	15	M10	4	2.5	0.500	38.7
AYL190GZ	71～140	190	240	288	240	145	200	250	350	260	39	297	332	23	3	15	M10	4	2.5	0.723	50.3
AYL200GZ	80～160	200	250	298	250	150	220	250	350	260	39	297	332	23	3	15	M10	4	2.5	0.833	53.6
AYL220GZ	100～200	220	270	320	270	175	240	270	350	260	39	297	332	23	3	15	M10	4	2.5	1.070	59.4

表 12-51　DJ 型低速式键连接安全联轴器



标记示例　AYL80DJ 型键连接安全联轴器，轴孔直径 d = 71mm

AYL80DJ-71 联轴器　JB/T 7355—2007

型号	滑动转矩 /(kN·m)	尺寸/mm														转动惯量 I/(kg·m²)	质量 m/kg
		d	D	D_1	D_2	D_3	L	L_1	L_2	L_3	L_4	B	M	C	c		
AYL35DJ	0.63～1.25	25～35	52	145	130	72	80	40	32	4	15	8	M6	2	1.5	0.008	5.4
AYL40DJ	1.12～2.24	30～40	60	150	136	90	95	55	47	4	15	8	M6	2	1.5	0.010	6.7
AYL48DJ	1.60～3.15	38～48	70	160	146	100	100	60	52	4	15	8	M6	2	1.5	0.013	7.9
AYL55DJ	2.24～4.50	45～55	80	170	155	110	105	65	57	4	15	8	M6	2	1.5	0.017	8.9
AYL60DJ	3.15～6.30	50～60	90	180	165	125	115	71	59	4	15	12	M6	3	1.5	0.024	11
AYL70DJ	4.5～9.0	60～70	100	186	172	140	125	81	69	4	15	12	M6	3	1.5	0.034	14
AYL80DJ	5.6～11.2	65～80	110	196	182	150	130	86	74	4	15	12	M6	3	1.5	0.046	16
AYL85DJ	8.0～16.0	70～85	120	206	192	160	140	96	84	4	15	12	M6	3	1.5	0.059	18
AYL95DJ	10～20	80～95	130	220	205	170	150	106	93	4	20	13	M8	3	1.5	0.080	20
AYL100DJ	11.2～22.4	85～100	140	230	215	180	160	116	103	4	20	13	M8	3	2	0.100	23
AYL110DJ	14.0～28.0	95～110	150	235	220	185	170	128	113	4	20	15	M8	3	2	0.103	25
AYL120DJ	18.0～35.5	100～120	160	245	230	190	180	139	124	4	20	15	M8	4	2	0.160	29
AYL130DJ	25.0～50.0	115～130	180	265	250	220	190	146	131	4	20	15	M8	4	2.5	0.220	35

（续）

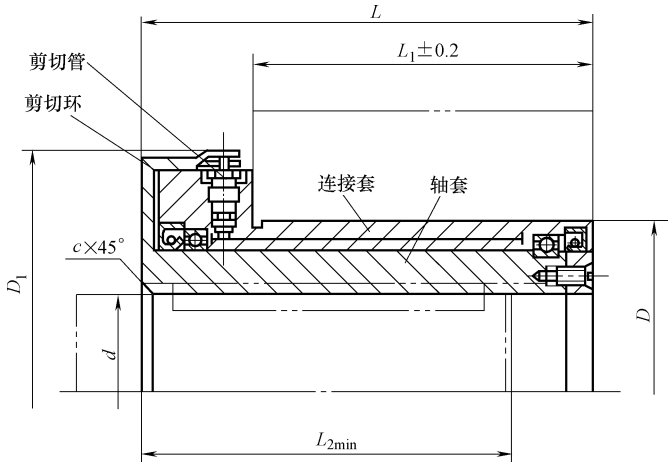
型号	滑动转矩 /(kN·m)	尺寸/mm														转动惯量 I/(kg·m²)	质量 m/kg
		d	D	D_1	D_2	D_3	L	L_1	L_2	L_3	L_4	B	M	C	c		
AYL150DJ	35.5～71.0	130～150	200	285	270	240	200	153	138	4	20	15	M8	4	2.5	0.360	44
AYL170DJ	50～100	140～170	220	300	285	260	230	183	168	4	20	15	M8	4	2.5	0.550	58
AYL190DJ	71～140	160～190	250	330	315	290	250	202	185	4	20	17	M8	4	2.5	0.880	74
AYL200DJ	100～200	180～200	280	360	345	320	270	222	205	4	20	17	M8	4	2.5	1.530	101

注：1. 同表 13-38。

2. 轴孔直径 d 按表 12-56 的规定，键槽形式选 A 型。

3. 表中给出的质量及转动惯量均为小轴孔计算的近似值。

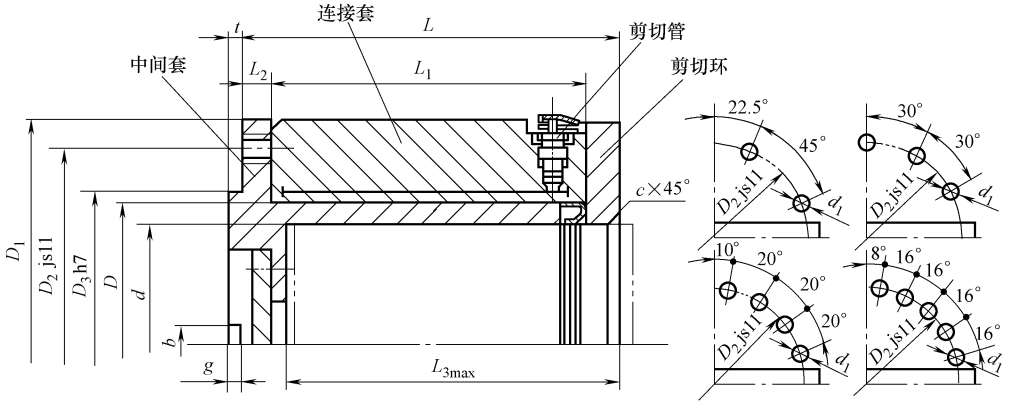
表 12-52　GJ 型高速式键连接安全联轴器



型号	滑动转矩 /(kN·m)	尺寸/mm							转动惯量 I/(kg·m²)	质量 m/kg
		d	D	D_1	L	L_1	L_{2min}	c		
AYL50GJ	1.4～3.55	40～50	85	145	105	67	80	1.5	0.013	6.5
AYL60GJ	2.8～5.6	50～60	100	157	110	71	85	1.5	0.017	8.5
AYL70GJ	4.0～8.0	60～70	115	172	125	83	105	1.5	0.030	11.5
AYL80GJ	7.1～14.0	70～80	130	185	140	98	120	1.5	0.048	15.2
AYL90GJ	10.0～20.0	80～90	145	206	160	113	130	2	0.080	20.6
AYL100GJ	12.5～25.0	90～100	160	218	175	122	1440	2	0.152	26.8
AYL110GJ	16.0～35.5	100～110	175	234	190	137	145	2	0.182	32.9
AYL120GJ	22.4～45.0	110～120	190	245	200	146	155	2	0.257	39.7
AYL130GJ	28～56	120～130	205	255	220	164	165	2	0.366	49.2
AYL140GJ	40～80	130～140	225	272	230	173	180	2	0.541	61.3
AYL150GJ	45～90	140～150	240	286	260	193	195	2.5	0.794	78.9
AYL160GJ	56～112	150～160	255	300	285	218	210	2.5	1.067	94.7
AYL180GJ	71～160	160～180	280	346	300	233	235	2.5	1.665	123.2

注：同表 12-49。

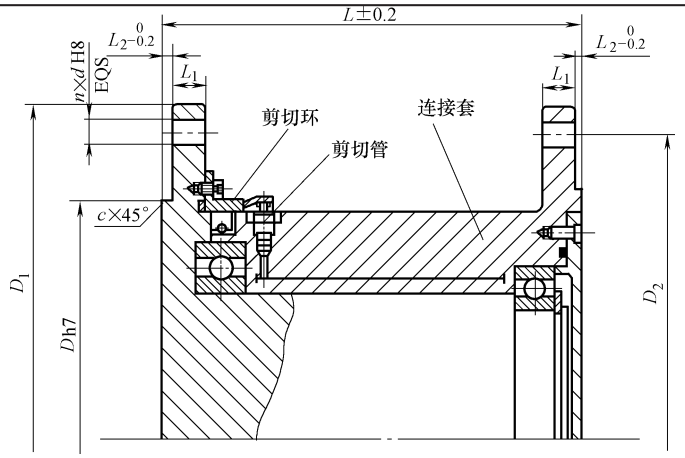
表 12-53　DF 型——低速式法兰连接安全联轴器



型号	滑动转矩/(kN·m)	尺寸/mm														转动惯量 I/(kg·m²)	质量 m/kg
		d	D	D_1	D_2	D_3 (h7)	L	L_1	L_2	L_{3max}	b	g	$n\times d_1$	t	c		
AYL90DF	11.2～22.4	90	105	180	155	105	175	146	17	156	—	—	8×M16	4	1.5	0.13	37
AYL130DF	22.4～45.0	130	145	225	196	135	180	145	20	158	32	13.5	8×M16	4	2	0.32	39
AYL150DF	35.5～71.0	150	170	250	218	150	208	168	25	181	40	18.0	8×M18	5	2.5	0.56	54
AYL170DF	50～100	170	195	285	245	170	237	195	27	203	40	21.5	8×M20	6	2.5	1.03	79
AYL200DF	71～140	200	225	315	280	185	262	212	32	228	40	22.5	10×M22	7	2.5	1.65	100
AYL220DF	100～200	220	250	350	310	210	280	227	35	242	50	23.5	10×M22	7	2.5	2.64	130
AYL250DF	140～280	250	280	390	345	235	300	242	40	257	70	25.5	10×M24	7	3	4.35	171
AYL280DF	200～400	280	315	400	390	255	332	272	42	287	80	29.5	16×M27	9	3	7.66	237
AYL300DF	250～500	300	340	490	435	275	357	288	47	306	90	34.0	16×M30	11	3	13.0	332
AYL340DF	355～710	340	385	550	492	320	390	318	50	336	100	34.0	16×M30	11	3	22.4	450
AYL380DF	500～100	380	425	620	555	380	405	328	55	346	100	36.5	10×M36	11	3	37	591
AYL420DF	710～1400	420	485	680	605	400	445	368	55	386	120	44.5	16×M36	14	3.5	58	755
AYL480DF	1250～2500	480	535	780	690	450	545	461	62	479	120	47.5	10×M48	17	3.5	124	1238
AYL530DF	1600～3150	530	580	840	750	490	600	500	70	525	120	50.0	16×M48	17	3.5	184	1570
AYL560DF	2000～4000	560	625	920	820	530	650	540	80	565	120	54.5	16×M56	19	4	289	2096
AYL630DF	2500～5000	630	690	1000	880	590	665	555	80	5809	120	59.5	16×M64	19	4	408	2468
AYL670DF	3150～6300	670	760	1100	980	640	725	600	95	625	200	71.5	16×M72	21	5	660	3315
AYL750DF	4000～8000	750	835	1200	1080	700	770	630	110	655	200	79.5	20×M72	24	5	990	4140

注：同表 12-49。

表 12-54　GF 型高速式法兰连接安全联轴器



标记示例　适用于 GⅠCL 型鼓型齿式联轴器的 AYL120GF 型高速式法兰连接安全联轴器

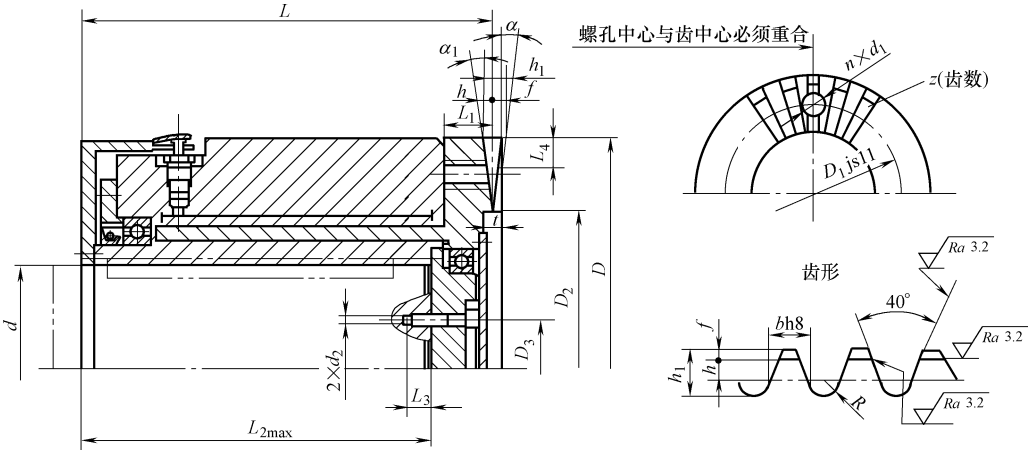
AYL120GFI 联轴器　JB/T 7355—2007

（续）

型号	滑动转矩/(kN·m)	尺寸/mm																	转动惯量 I/(kg·m²)			质量 m/kg		
		Ⅰ型 适用于GⅠCL型鼓形齿式联轴器(JB/T 8854.3)					Ⅱ型 适用于GⅡCL型鼓形齿式联轴器(JB/T 8854.2)					Ⅲ型 适用于WGC、WGT型鼓形齿式联轴器(JB/T 7002、JB/T 7004)					L	L_1	c						
		D(h7)	D_1	D_2	L_2	$n\times d$	D(h7)	D_1	D_2	L_2	$n\times d$	D(h7)	D_1	D_2	L_2	$n\times d$				Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
AYL40GF	0.8～1.6	93	144	128	4	8×φ9	110	149	133	3	8×φ9	95	150	135	3	8×φ9	110	16	1	0.017	0.015	0.017	8.7	8.3	8.7
AYL50GF	1.4～2.8	120	174	154	4	8×φ11	126	167	150	4	8×φ9	110	170	155	3	8×φ9	125	17	1.5	0.030	0.033	0.031	12.4	12.7	12.4
AYL60GF	2.24～4.50	144	196	175	4	8×φ11	148	187	172	5	10×φ9	130	200	175	3	8×φ11	135	17	1.5	0.048	0.054	0.056	16.2	16.7	16.8
AYL70GF	3.15～6.30	163	224	196	4	12×φ11	165	204	188	5	12×φ9	152	225	200	5	8×φ11	135	17	1.5	0.069	0.088	0.089	19.5	21.0	21.1
AYL80GF	4.5～9.0	185	241	220	4	12×φ13	185	230	210	5	10×φ11	170	245	218	5	8×φ11	145	17	1.5	0.109	0.121	0.128	24.9	25.7	262
AYL90GF	7.1～14.0	207	260	238	4	12×φ13	210	256	235	5	14×φ11	190	272	248	5	10×φ13	160	17	1.5	0.168	0.172	0.194	32	32	33.2
AYL100GF	10～20	227	282	260	6	12×φ13	235	287	265	5	12×φ13	205	290	265	5	10×φ13	180	20	1.5	0.307	0.293	0.308	45.9	45.2	45.6
AYL110GF	14～28	243	314	284	6	10×φ17	270	325	300	5	14×φ13	218	315	288	6	10×φ17	210	20	1.5	0.527	0.471	0.463	64.5	62	61.3
AYL120GF	22.4～45.0	272	346	318	6	12×φ17	305	365	340	5	18×φ13	248	355	325	6	10×φ17	235	20	1.5	0.819	0.717	0.747	84.1	80.4	81.2
AYL140GF	31.5～63.0	308	380	352	6	12×φ17	340	412	384	5	14×φ17	295	412	380	6	10×φ21	245	23.5	1.5	1.53	1.23	1.49	117.7	109.8	116.3
AYL160GF	45～90	352	442	408	6	12×φ21	385	462	435	6	18×φ17	330	440	405	6	12×φ21	275	23.5	2	2.64	2.32	2.26	165.6	158.5	156.9
AYL180GF	63～125	392	482	448	6	16×φ21	435	512	482	6	22×φ17	370	490	455	6	16×φ21	315	23.5	2	4.49	3.85	3.94	237.2	225.7	226.7
AYL220GF	112～224	470	580	536	6	14×φ25	485	580	545	6	18×φ21	435	580	525	6	16×φ25	320	28	2	8.72	8.61	8.50	337.5	336.2	333.4

注：1. 同表 12-49。
2. 螺栓孔 d 对基准 D 的位置度公差：当 $d=9$mm 时为 0.015mm，当 $d=11\sim17$mm 时为 0.02mm，当 $d=21\sim25$mm 时为 0.03mm。

表 12-55　GC 型高速式端面齿连接安全联轴器



标记示例　AYL300GC 型高速式端面齿连接安全联轴器，轴孔直径
AYL300GC-280 联轴器　JB/T 7355—2007

（续）

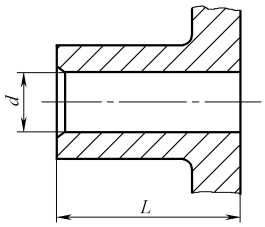
型号	滑动转矩/(kN·m)	尺寸/mm												齿形尺寸/mm							转动惯量 I/(kg·m²)	质量 m/kg
		d	D	D_1	D_2	L	L_1	L_{2max}	L_3	L_4	D_3	t	$n\times d_1$	d_2	z	b	h	h_1	f	α	R	
AYL80GC	10～20	70～80	180	160	140	200	25	174	25	5	35	22	8×M10	M12	36	7.844	4.328	11.856	0.60	6°50′2″	2	0.15	31
AYL110GC	20～40	85～110	225	205	180	210	30	178	25	5	50	12	8×M10	M12	48	7.357	3.810	10520	0.45	5°8′12″	2	0.39	51
AYL130GC	31.5～63	100～130	250	225	200	236	35	200	30	5	60	15	8×M12	M16	48	8.175	4.933	12.766	0.45	5°8′12″	2	0.66	69
AYL150GC	45～90	110～150	285	260	225	270	40	228	30	5	70	15	8×M12	M16	60	7.457	4.038	10795	0.36	4°6′49″	2	1.28	104
AYL170GC	63～125	130～170	315	285	250	305	45	258	35	5	70	15	10×M16	M20	60	8.242	5.476	12.952	0.36	4°6′49″	2	2.15	140
AYL190GC	90～180	150～190	350	315	280	325	50	272	35	5	80	15	10×M16	M20	72	7.633	4.339	11.277	0.30	3°25′48″	2	3.5	185
AYL220GC	125～250	170～220	390	355	315	344	50	292	35	10	100	16	10×M16	M20	72	8.505	4.556	12.512	0.60	3°25′48″	2.25	5.7	242
AYL240GC	180～355	190～240	440	400	350	378	55	320	45	10	115	16	16×M20	M24	96	7.198	2.910	8.920	0.45	2°34′26″	2.25	10	338
AYL260GC	250～500	220～260	490	450	380	408	55	350	45	10	135	16	16×M20	M24	96	8.016	4.034	11.167	0.45	2°34′26″	2.25	17	467
AYL300GC	355～710	240～300	550	510	440	444	60	380	45	10	155	18	16×M20	M24	96	8.997	5.381	13.864	0.45	2°34′26″	2.25	29	617
AYL340GC	500～1000	260～340	620	575	500	454	70	380	55	10	175	18	20×M24	M30	120	8.114	3.578	10.276	0.36	2°3′35″	2.5	48	805
AYL380GC	710～1400	300～380	680	635	550	472	70	400	55	10	215	18	24×M24	M30	120	8.900	4.657	12.434	0.36	2°3′35″	2.5	72	990
AYL460GC	1250～2500	360～450	780	725	640	512	80	430	65	15	255	18	24×M30	M36	144	8.507	4.028	11.356	0.45	1°43′	2.5	131	1350
AYL500GC	1600～3150	400～500	840	775	710	582	80	500	75	15	285	20	24×M36	M42	144	9.162	4.927	13.154	0.45	1°43′	2.5	200	1760
AYL530GC	2000～4000	420～530	920	855	760	644	90	550	75	15	310	20	24×M36	M42	144	10.034	6.126	15.511	0.45	1°43′	2.5	320	2370
AYL560GC	2500～5000	460～560	1000	915	840	658	90	565	85	15	340	20	20×M48	M48	180	8.726	4.058	11.956	0.72	2°44′43″	2.5	458	2885
AYL630GC	3150～6300	530～630	1100	1015	920	726	100	620	85	15	370	25	20×M48	M48	180	9.598	5.257	14.354	0.72	2°44′43″	2.5	750	3900
AYL670GC	4000～8000	560～670	1200	1100	1000	770	110	655	85	15	400	25	20×M56	M48	180	10.471	6.456	15.751	0.72	2°44′43″	2.5	1125	4970

注：1. 同表 12-49。
2. 轴孔直径 d 按表 12-49 的规定，键槽形式选取 A 型。
3. 表中查出的质量及转动惯量均为最小轴孔计算的近似值。
4. AYL80GC～AYL530GC 中 α 与 α_1 等值，AYL560GC～AYL670GC 中的 α_1 为 0。

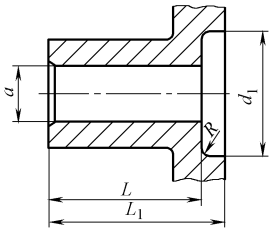
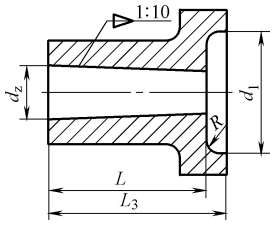
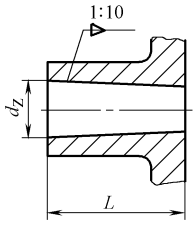
12.2.6　联轴器轴孔和键槽形式

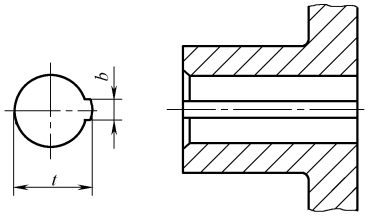
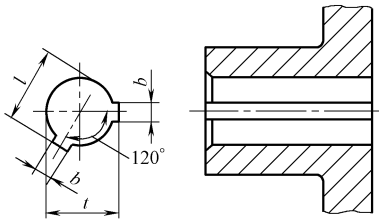
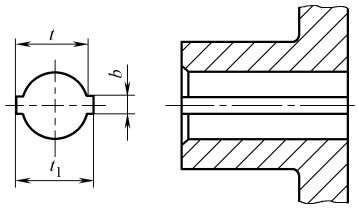
联轴器轴孔和键槽形式相关标准见表 12-56～表 12-58，均摘自 GB/T 3852—2008。

表 12-56　联轴器轴孔及连接形式

轴孔形式			
名　称	形式及代号	图　示	备　注
圆柱形轴孔	Y 型		限用于长圆柱形轴伸电动机端

（续）

轴孔形式			
名　　称	形式及代号	图　　示	备　　注
有沉孔的短圆柱形轴孔	J 型		推荐选用
有沉孔的长圆锥形轴孔	Z 型		
圆锥形轴孔	Z_1 型		

连接形式		
名　　称	形式及代号	图　　示
平键单键槽	A	
120°布置平键双键槽	B	
180°布置平键双键槽	B_1	

（续）

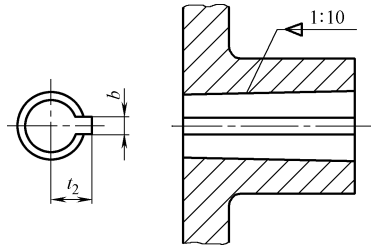
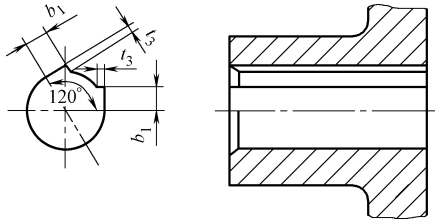
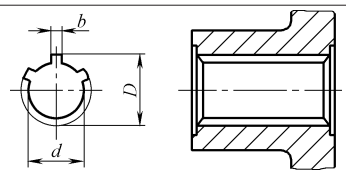
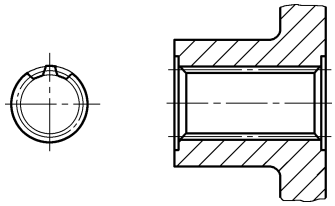
连接形式		
名　　称	形式及代号	图　　示
圆锥形轴孔 平键单键槽	C	
圆柱形轴孔普 通切向键键槽	D	
矩形花键	符合 GB/T1144—2001	
圆柱直齿 渐开线花键	符合 GB/T3478.1—2008	

表 12-57　圆柱形轴孔和键槽尺寸　　（mm）

直径 d(H7)	长度 L 长系列	长度 L 短系列	L_1	沉孔尺寸 d_1	沉孔尺寸 R	A 型、B 型、B_1 型键槽 b(P9)	t 公称尺寸	t 极限偏差	t_1 公称尺寸	t_1 极限偏差	D 型键槽 t_3 公称尺寸	t_3 极限偏差	b_1
6、7	18	—	—	—	—	2	7、8	+0.1 0	8、9	+0.2 0	—	—	—
8	22					2	9		10				
9						3	10.4		11.8				
10	25	22	—				11.4		12.8				
11						4	12.8		14.6				
12	32	27	—				13.8		15.6				
14						5	16.3		18.6				
16	42	30	42	38	1.5		18.3		20.6				
18、19						6	20.8、21.8		23.6、24.6				
20、22	52	38	52				22.8、24.8		25.6、27.6				
24						8	27.3	+0.2 0	30.6	+0.4 0			
25、28	62	44	62	48			28.3、31.3		31.6、34.6				
30	82	60	82	55			33.3		36.6				
32、35					2	10	35.3、38.3		38.6、41.6				
38				65			41.3		44.6				
40、42	112	84	112			12	43.3、45.3		46.6、48.6				
45、48				80		14	48.5、51.8		52.6、55.6				

（续）

直径 d(H7)	长度 L 长系列	长度 L 短系列	L_1	沉孔尺寸 d_1	沉孔尺寸 R	A 型、B 型、B_1 型键槽 b(P9)	t 公称尺寸	t 极限偏差	t_1 公称尺寸	t_1 极限偏差	D 型键槽 t_3 公称尺寸	t_3 极限偏差	b_1
50	112	84	112	95	2	14	53.8	+0.2 0	57.6	+0.4 0	—	—	—
55、56					2.5	16	59.3、60.3		63.6、64.6				
60、63、65	142	107	142	105		18	64.4、67.4、69.4		68.8、71.8、73.8		7	0 -0.2	19.3、19.8、20.1
70				120		20	74.9		79.8				21.0
71、75							75.9、79.9		80.8、84.8		8		22.4、23.2
80	172	132	172	140		22	85.4		90.8				24.0
85					3		90.4		95.8				24.8
90				160		25	95.4		100.8				25.6
95							100.4		105.8		9		27.8
100、110	212	167	212	180	3	28	106.4、116.4	+0.2 0	112.8、122.8	+0.4 0	9	0 -0.2	28.6、30.1
120				210	4	32	127.4		134.8		10		33.2
125							132.4		139.8				33.9
130	252	202	252	235			137.4		144.8				34.6
140						36	148.4	+0.3 0	156.8	+0.6 0	11		37.7
150				264			158.4		166.8			0 -0.3	39.1
160、170	302	242	302			40	169.4、179.4		178.8、188.8		12		42.1、43.5
180						45	190.4		200.8				44.9
190、200	352	282	352	330	5		200.4、210.4		210.8、220.8		14		49.6、51.0
220						50	231.4		242.8		16		57.1
240	410	330	410	—	—	56	252.4		264.8				59.9
250、260							262.4、272.4		274.8、284.8		18		64.6、66.0
280	470	380	470			63	292.4		304.8		20		72.1
300						70	314.4		328.8				74.8
320							334.4		348.8		22		81.0
340	550	450	550				355.4		370.8				83.6
360、380						80	375.4、395.4		390.8、410.8		26		93.2、95.9
400	650	540	650			90	417.4		434.8				98.6
420、440							437.4、457.4		454.8、474.8		30		108.2、110.9
450						100	469.5		489.0				112.3
460、480、500							479.5、499.5、519.5		499.0、519.0、539.0		34		120.1、123.1、125.9
530、560	800	680	800			110	552.2、582.2		574.4、604.4		38		136.7、140.8
600、630						120	624.5、654.8		646.7、677.0		42		153.1、157.1

注：1. 一小格中 t、t_1、b_1 有 2～3 个数值时，分别与同一横行中 d 的 2～3 个值相对应。

2. 轴孔长度推荐选用 J 型和 J_1 型，Y 型限用于长圆柱形轴伸电动机端。

3. 键槽宽度 b 的极限偏差，也可采用 GB/T 1095《平键、键和键槽的剖面尺寸》中规定的 JS9。

4. 沉孔亦可制成 d_1 为小端直径，锥度为 30°的锥形孔。

表 12-58　圆锥形轴孔和键槽尺寸　（mm）

直径 d_2 (H10)	长度 L Z、Z_1 型	长度 L Z_2、Z_3 型	L_1	沉孔尺寸 d_1	沉孔尺寸 R	C 型键槽 b(P9)	t_2 长系列	t_2 短系列	t_2 极限偏差
6、7	12	—	—	—	—	—	—	—	—
8、9	14								
10	17								

（续）

直径 d_2 (H10)	长度 L Z、Z_1 型	长度 L Z_2、Z_3 型	L_1	沉孔尺寸 d_1	沉孔尺寸 R	C 型键槽 b (P9)	C 型键槽 t_2 长系列	C 型键槽 t_2 短系列	C 型键槽 t_2 极限偏差
11	17	—	—	—	—	2	6.1	—	+0.1 0
12	20		32				6.5		
14						3	7.9		
16	30	18	42	38	1.5		8.7	9.0	
18、19						4	10.1、10.6	10.4、10.9	
20、22	38	24	52				10.9、11.9	11.2、12.2	
24						5	13.4	13.7	
25、28	44	26	62	48			13.7、15.2	14.2、15.7	
30	60	38	82	55			15.8	16.4	
32、35					2.0	6	17.3、18.8	17.9、19.4	
38				65			20.3	20.9	
40、42	84	56	112			10	21.2、22.2	21.9、22.9	+0.2 0
45、48				80		12	23.7、25.2	24.4、25.9	
50				95			26.2	26.9	
55					2.5	14	29.2	29.9	
56							29.7	30.4	
60、63、65	107	72	142	105		16	31.7、32.2、34.2	32.5、34.0、35.0	
70、71、75				120		18	36.8、37.3、39.3	37.6、38.1、40.1	
80	132	92	172	140	3.0	20	41.6	42.6	
85							44.1	45.1	
90、95				160		22	47.1、49.6	48.1、50.6	
100、110	167	122	212	180		25	51.3、56.3	52.4、57.4	
120				210		28	62.3	63.4	
125					4.0		64.8	65.9	
130	202	152	252	235			66.4	67.6	
140						32	72.4	73.6	
150				265			77.4	78.6	
160、170	242	182	302			36	62.4、87.4	83.9、88.9	+0.3 0
180				330		40	93.4	94.9	
190、200	282	212	352		5.0		97.4、102.4	99.9、104.1	
220						45	113.4	115.1	

注：1. 一小格中 t_2 有几个数值时，分别与同一横行中 d_2 的几个值相对应。

2. b 的极限偏差，也可采用 GB/T 1095（平键、键和键槽的剖面尺寸）中规定的 JS9。

第 13 章　离　合　器

13.1　基本设计计算方法

13.1.1　概述

离合器是机械传动中广泛应用的重要部件，用离合器连接的两根轴，在机器工作中可随时分离或接合，从而达到操纵机器传动系统的断续，以便进行变速和换向等功能。安全离合器的作用是在机器工作时，如果转矩超过规定值，离合器即可自行断开或打滑，以保证机器中的主要零件不致因过载而损坏。

离合器的类型很多。按实现接合和分离的过程可分为操纵离合器和自动离合器。自动离合器能够在特定的工作条件下（如一定的转矩、一定的转速或一定的回转方向）自动接合与分离。离合器按其工作原理可分为嵌合式、摩擦式和电磁式三类，离合器按操纵和接合方式及结构形式分类如下：

- 离合器
  - 操纵离合器
    - 机械离合器
    - 气压离合器
    - 液压离合器
    - 电磁离合器
      - 啮合式（如牙嵌式、齿式、转键式等）
      - 摩擦式（如圆盘摩擦片（块）式、圆锥摩擦式、胀圈摩擦式、扭簧摩擦式等）
      - 电磁感应式（如转差式、磁粉式等）
  - 自动离合器
    - 超越离合器
      - 啮合式（如牙嵌式、棘轮式等）
      - 摩擦式（如滚柱式、楔块式等）
    - 离心离合器—摩擦式（如闸块式、钢球式、钢砂式、钢棒式等）
    - 安全离合器
      - 啮合式（如牙嵌式、钢珠式等）
      - 摩擦式（如圆盘式、圆锥式等）

13.1.2　离合器的选择与计算

1. 离合器的选择

离合器的品种和形式、结构多种多样，因此，必须在充分了解各种离合器的形式、结构及工作特性的基础上，考虑工作条件和其他因素，选择合适的品种、形式和结构；再经过必要的计算以选择适当的规格。必要时还需进行温升、磨损、扭转振动等验算。

目前已有不少标准离合器产品，应优先选用由专业工厂生产的标准离合器，这样既可减轻设计工作量，又易获得维修所需的备件。

一般根据离合器的工作条件和工作机的要求来选择离合器的接合元件和操纵方式，根据环境条件来选择离合器的结构形式。

对于低速离合或静止离合，且非频繁的离合，可采用啮合式接合元件；需要在高速下离合、频繁离合、在较大转速差下离合、经过较长时间完成的接合，以及要利用离合器为传动轴系缓冲减振的场所，则应采用摩擦式接合元件。

对于离合频率很低、传递转矩不大的离合，可选用手动机械操纵；对于传递转矩很大的离合器，可采用气压操纵或液压操纵；对于传递中小转矩，但要求离合迅速、离合频率高、需远距离操纵或纳入程序控制的离合器，则应采用电磁操纵；要求防止逆转或能软起动以及具有安全保护功能的离合器，可采用自控离合器。对于要求不污染环境、能防尘、防腐蚀的离合器，则应采用外壳封闭结构。

对离合器性能选择的基本要求归纳如下：

1）在机器传动过程中离合器要工作可靠，接合、分离迅速而平稳，操纵灵活、省力、准确，调节和维护方便。

2）对摩擦式离合器还要求其耐磨性，有良好的吸热能力和通风散热效果，保证离合器的使用寿命。

3）避免传动系产生扭转共振，具有吸振、缓冲的能力。

4）作用在从动盘上的压力和摩擦材料的摩擦因数在使用过程中变化要尽可能小，保证有稳定的工作性能。

5）应有足够的强度和良好的动平衡。

6）结构简单、外形尺寸小、质（重）量轻、紧凑，制造工艺性好，维修、调整方便等。

大多数离合器已标准化，设计时用类比法，参考有关手册对其进行设计选型即可。

2. 离合器的计算

（1）一般性的选择计算

选择离合器时，首先根据机器的工作特点和使用条件，结合各种离合器的性能特点，根据被连接的两轴的直径、计算转矩和转速，选择适当的型号。

在载荷平稳、离合频率不高的情况下，可按下列条件选择离合器的型号（规格）

$$T_c \leqslant [T] \text{或} T_n$$

T_c 按接合方式的不同，分别按下式计算。

对于啮合式接合元件的离合器：

$$T_c = KT$$

对于摩擦式接合元件的离合器：

$$T_c = KK_zK_vT$$

式中 T_c——离合器的计算转矩（N·m）；

$[T]$——离合器的许用转矩（N·m）；

T_n——离合器的公称转矩（N·m）；

T——离合器的名义（理论）转矩（N·m），一般按工作机的负载转矩确定，也可按动力机的额定转矩确定；

K——离合器的工况系数，查表 13-1；

K_z——离合器每小时接合次数系数，查表 13-2；

K_v——离合器摩擦副相对滑动速度系数，查表 13-3。

（2）摩擦式离合器温升计算

由于摩擦式离合器在接合过程中因摩擦发热而导致温升，故应验算其温升。摩擦式离合器的温升可按下式计算

$$\Delta t=\frac{A}{mc}\leqslant[\Delta t]$$

式中　$[\Delta t]$——许用温升（℃），对于拖拉机用摩擦离合器，取 $[\Delta t]=3\sim5$℃，对于履带式车辆用离合器，取 $[\Delta t]=15\sim20$℃，对于机床用离合器，取 $[\Delta t]=150$℃，对于离心离合器，取 $[\Delta t]=70\sim75$℃；

m——吸热体的质量（kg），金属对金属的摩擦副，取全都热量被摩擦副吸收；金属对非金属摩擦副，取全部热量被摩擦副非金属部分吸收；

A——摩擦离合器一次接合的滑动摩擦功，计算公式为：

$$A=\frac{\pi^2 I_1 I_2(n_1-n_2)^2}{1800[I_1(1-T_2/T_c)+I_2(1-T_1/T_c)]}$$

n_1——接合开始时离合器主动端的转速（r/min）；

n_2——接合开始时离合器从动端的转速（r/min）；

I_1, I_2——离合器主、从动部分（包括所连接的转动部件和负载）的转动惯量（kg·m²）；

T_1——动力机的输出转矩（Nm）；

T_2——工作机的负载转矩（Nm）。

为防止摩擦副产生胶合现象，在高转速差状态下接合时，还需验算表征瞬间发热量的 pv 值：

$$pv\leqslant[pv]$$

式中　p——摩擦副表面表观压强（MPa）；

v——摩擦副最大相对线速度（m/s）；

$[pv]$——许用 pv（MPa·m/s）值，对于干式石棉基摩擦材料取 $[pv]=2\sim2.5$MPa·m/s，对于湿式粉末冶金材料取 $[pv]=30\sim60$MPa·m/s。

（3）摩擦离合器磨损验算

对于载荷大、接合频繁的摩擦离合器，为了防止摩擦元件的磨损速率过大，其磨损系数应符合下式。

$$W=\frac{Az}{a}\leqslant[W]$$

式中　W——磨损系数（MPa·m/min）；

z——总接合次数；

a——总摩擦面积（mm²）；

$[W]$——许用磨损系数（MPa·m/min）对于普通石棉基摩擦材料，圆盘摩擦片，取 $[W]=0.5\sim0.8$MPa·m/min；对于普通石棉基摩擦材料，圆锥式、闸块式、履带式摩擦副，$[W]=0.7\sim0.9$MPa·m/min；对于Z64石棉摩擦材料，圆盘式摩擦副，取 $[W]=2.5$MPa·m/min。

13.1.3　离合器的选择与计算实例

实例1

设计卧式车床床头箱中用机械操纵油式多盘摩擦离合器。已知电动机额定功率 $P_{电}=6$kW，额定转速 $n_{电}=960$r/min，电动机经V带减速传动到摩擦离合器主动轴，其轴径 $d=$

40mm，减速比 $i=1.43$，每小时接合 120 次。

解：

（1）选定离合器的有关尺寸

对油式摩擦离合器

摩擦盘内径：$D_1=(1.5\sim2)d=(1.5\sim2)\times40\text{mm}=60\sim80\text{mm}$，取 $D_1=60\text{mm}$

摩擦盘外径：$D_2=(1.5\sim2)D_1=(1.5\sim2)\times60\text{mm}=90\sim120\text{mm}$，取 $D_2=110\text{mm}$

摩擦盘厚度：$\delta=1.8\text{mm}$，在油中工作，淬火钢 $\delta=1.2\sim2\text{mm}$。

（2）计算相对滑动速度

$$v_m=\frac{\pi(D_2+D_1)n}{2\times60\times1000}=\frac{3.14\times(110+60)\times672}{2\times60\times1000}\text{m/s}=2.99\text{m/s}$$

（3）计算主动轴转速及转矩

1）离合器主动轴传递的功率：取 V 带传动效率 $\eta=0.96$，

$$P=P_{电}\eta=6\times0.96\text{kW}=5.76\text{kW}$$

2）离合器主动轴转递 $n=n_{电}/i=960/1.43\text{r/min}=672\text{r/min}$

3）离合器主动轴传递的名义转矩为

$$T=9550\frac{P}{n}=9550\times\frac{5.76}{672}\text{Nm}=81.86\text{Nm}$$

4）离合器主动轴计算转矩：

$$T_c=KK_zK_vT$$

离合器的工况系数 K 查表 13-1 选取，工作机为金属切削机床，$K=1.5$；查表 13-2，每小时接合次数 120，$K_z=1.04$；查表 13-3，在相对滑动速度 2.5 和 3 之间，采用线性插值，求得 $K_v=1.0686$。

$$T_c=KK_zK_vT=1.5\times1.04\times1.0686\times81.86\text{Nm}=136.5\text{Nm}$$

（4）计算允许的轴向压紧力

$$Q=\frac{T_c}{\mu mR_e}$$

式中 μ——摩擦副的摩擦因数，根据本题第（1）项：油中工作、淬火钢，因此查表 13-5：第一行摩擦副为湿式，取 $\mu=0.06$；

m——摩擦副数，$m=z-1$；z 是摩擦片数，查表 13-6，摩擦片数为 5～16，取 16，则 $m=16-1=15$。选定摩擦盘材料为淬火钢-淬火钢（在油中工作）；

R_e——摩擦副当量摩擦半径（mm），$R_e=(R_1+R_2)/2$，R_1、R_2 是摩擦面的内外半径。

$$Q=\frac{T_c}{\mu mR_e}=\frac{136.5\times1000}{0.06\times15\times(110+60)/4}\text{N}=3568.6\text{N}$$

（5）计算平均压强

计算公式是：

$$p=\frac{4Q}{2\pi(R_2-R_1)R_e}\leqslant[p]$$

式中 p——圆盘摩擦片工作表面平均压强（MPa）；

$[p]$——圆盘摩擦片工作表面许用平均压强（MPa），查表 13-5。

$$p=\frac{4Q}{\pi(D_2^2-D_1^2)}\leqslant[p]$$

查表 13-5 第一行摩擦副为湿式，故 $[p]=0.6\sim1.0\text{MPa}$，即：

$$p=\frac{4Q}{\pi(D_2^2-D_1^2)}=\frac{4\times3568.6}{3.14(110^2-60^2)}\text{MPa}=0.535\text{MPa}<[p]=0.6\sim1\text{MPa}$$

（6）计算摩擦片数目

$$z\geqslant\frac{3T_c}{2\pi\mu[p](R_2^3-R_1^3)K_m}$$

式中　K_m——摩擦副数系数，它是考虑每小时接合次数和摩擦副数目多少对离合器传递转矩能力影响的系数。查表 13-16，根据 $m=15$，将表 13-16 按线性插值并延伸，得 $K_m=0.64$，代入公式得

$$z\geqslant\frac{3T_c}{2\pi\mu[p](R_2^3-R_1^3)K_m}=\frac{3\times136.5\times1000}{2\times3.14\times0.06\times0.6\left[\left(\frac{110}{2}\right)^3-\left(\frac{60}{2}\right)^3\right]\times0.64}=20.3$$

取 $z=21$，与初设值不相同，需重新计算。

（7）查取 K_m

改变摩擦副材料为铜基粉末冶金和钢，查表 13-5：$\mu=0.08$，$[p]=1.5\sim2.5\text{MPa}$，设摩擦片数 $z=6$，则摩擦副数 $m=5$，查表 13-16：$K_m=0.94$。

（8）重新计算摩擦片数

$$z\geqslant\frac{3T_c}{2\pi\mu[p](R_2^3-R_1^3)K_m}=\frac{3\times136.5\times1000}{2\times3.14\times0.08\times0.5\left[\left(\frac{110}{2}\right)^3-\left(\frac{60}{2}\right)^3\right]\times0.94}=5.5$$

取 $z=6$，与初设相同。

（9）验算平均压强

首先计算摩擦面的压紧力

$$Q=\frac{T_c}{\mu mR_e}=\frac{136.5\times1000}{0.08\times5\times(110+60)/4}\text{N}=8029.4\text{N}$$

计算平均压强：

$$p=\frac{4Q}{\pi(D_2^2-D_1^2)}=\frac{4\times8029.4}{3.14(110^2-60^2)}\text{MPa}=1.2\text{MPa}<[p]=1.5\sim2.5\text{MPa}$$

因此该离合器安全。

该离合器的主动摩擦片数为：$\frac{z}{2}=\frac{6}{2}=3$，从动摩擦片数为：$\frac{z}{2}+1=\frac{6}{2}+1=4$

实例 2

选择汽车变速器中连接主、从动轴的离合器，轴径 $d=25\text{mm}$，传递转矩 $T=30\text{N}\cdot\text{m}$。选择牙嵌离合器，并校核其强度。

解：

（1）类型选择

由于Ⅰ、Ⅱ轴在同一变速器中，两轴对中性好，选用牙嵌式离合器。

（2）型号选择

求计算转矩：$T_c = KT$，离合器的工况系数 K 查表 13-1，取 $K = 1.5$，故

$$T_c = 1.5 \times 30\text{N} \cdot \text{m} = 45\text{N} \cdot \text{m}$$

确定离合器为常用的梯形牙型，查表 13-11 矩形牙、梯形牙嵌离合器尺寸，许用转矩为 120Nm，轴径为 25mm、长度为 38mm 的牙嵌离合器符合要求。

（3）强度校核计算

1）齿根弯曲应力及弯曲强度计算

$$\sigma_b = \frac{6hT_c}{D_m l_m^2 b z_c} \leqslant [\sigma_b]$$

式中　D_m——牙齿分布圆平均直径，$D_m = (D + D_1)/2$；

l_m——齿根的平均厚度（中径处齿根厚度）(mm)，对梯形牙，取 $l_m = D_m \sin(\varphi_2/2) + 2(h - h_2)\tan\alpha$，α是牙面倾斜角，对梯形牙 $\alpha = 2° \sim 8°$，取 $\alpha = 5°$，φ_2 是牙的中心角，对梯形牙，$\varphi_2 = 360°/(2z)$，h_2 是中径处的牙高，$h_2 = \frac{2h}{5}$；

b——牙宽，$b = (D - D_1)/2$，D、D_1 是牙齿的外端和内端处直径（mm）；

h——牙的高度，$h = (0.5 \sim 1)b$，此处取 $h = 0.5b$；

z_c——计算齿数，$z_c = (0.33 \sim 0.5)z$，此处取 $z_c = 0.4z$，z 是一个牙嵌盘的实际齿数；

$[\sigma_b]$——许用弯曲应力（MPa），静止结合时，$[\sigma_b] = R_{eL}/1.5$，相对圆周速度 $v = 0.7 \sim 1.5\text{m/s}$ 时结合，$[\sigma_b] = R_{eL}/(3 \sim 4)$；

R_{eL}——材料的下屈服强度（MPa）。

查表 13-11 矩形牙、梯形牙嵌离合器尺寸：$D = 50\text{mm}$，$D_1 = 35\text{mm}$，$z = 5$。

本题选用的是梯形牙，计算式中的各个参数分别为

$$D_m = (D + D_1)/2 = (50 + 35)/2\text{mm} = 42.5\text{mm}$$

$$b = (D - D_1)/2 = (50 - 35)/2\text{mm} = 7.5\text{mm}$$

$$h = 0.5b = 0.5 \times 7.5\text{mm} = 3.75\text{mm}, h_2 = 2h/5 = \frac{2}{5} \times 3.75\text{mm} = 1.5\text{mm}$$

$$\varphi_2 = 360°/(2z) = 360°/(2 \times 5) = 36°$$

$$l_m = D_m \sin(\varphi_2/2) + 2(h - h_2)\tan\alpha = [42.5\sin 18° + 2(3.75 - 1.5)\tan 5°]\text{mm} = 13.5\text{mm}$$

$$z_c = 0.4z = 0.4 \times 5 = 2$$

$[\sigma_b] = R_{eL}/1.5$，按嵌合元件的材料为 45 钢调质，取 $R_{eL} = 360\text{MPa}$，则 $[\sigma_b] = R_{eL}/1.5 = 360/1.5\text{MPa} = 240\text{MPa}$。

$$\sigma_b = \frac{6hT_c}{D_m l_m^2 b z_c} = \frac{6 \times 3.75 \times 45 \times 10^3}{42.5 \times 13.5^2 \times 7.5 \times 2}\text{MPa} = 8.7\text{MPa} \leqslant [\sigma_b] = 240\text{MPa}$$

所以牙的弯曲强度足够。

2）验算梯形牙工作面挤压强度：$\sigma_p = \frac{2T_c}{AD_m z_c} \leqslant [\sigma_p]$

式中　A——每个齿的承压面积，对于梯形齿（参考表 13-11），$A = bh$；

$[\sigma_p]$——许用挤压应力（MPa），静止接合时，$[\sigma_p] = 90 \sim 120$，当 $v = 0.7 \sim 0.8\text{m/s}$ 时，$[\sigma_p] = 50 \sim 70\text{MPa}$，当 $v = 0.8 \sim 1.5\text{m/s}$ 时，$[\sigma_p] = 35 \sim 45\text{MPa}$。

因为本题选用的是梯形齿，按静止接合，则许用挤压应力为 $[\sigma_p] = 90 \sim 120\text{MPa}$：

$$\sigma_p=\frac{2T_c}{AD_m z_c}=\frac{2T_c}{bhD_m z_c}=\frac{2\times45\times10^3}{7.5\times3.75\times42.5\times2}\text{MPa}=37.6\text{MPa}<[\sigma_p]=90\sim120\text{MPa}$$

所以，齿的挤压强度也足够。

从以上两项强度计算可以看出，此离合器安全。

13.2　设计标准和规范

13.2.1　设计参数

13.2.1.1　设计选用系数（见表 13-1 ~ 表 13-4）

表 13-1　离合器工况系数 K

工作机类型		K	工作机类型	K
金属切削机床		1.3 ~ 1.5	农业机械	2 ~ 3.5
曲轴式压力机		1.1 ~ 1.3	挖掘机械	1.2 ~ 2.5
汽车、车辆		1.2 ~ 3	钻探机械	2 ~ 4
拖拉机		1.5 ~ 3	活塞泵(多缸)、通风机(中等)、压力机	1.3
起重运输机械	在最大载荷下接合	1.35 ~ 1.5	活塞泵(单缸)、大型通风机、压缩机、木材加工机床	1.7
	在空载下接合	1.25 ~ 1.35	冶金、矿山机械	1.8 ~ 3.2
轻纺机械		1.2 ~ 2	船舶	1.3 ~ 2.5

表 13-2　离合器每小时接合次数系数 K_z

离合器每小时接合次数	≤100	120	180	240	300	≥350
K_z	1	1.04	1.20	1.40	1.66	2

表 13-3　离合器摩擦副相对滑动速度系数 K_v

摩擦副平均相对滑动速度 v_m/(m·s^{-1})	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	13	15
K_v	0.74	0.84	0.93	1	1.07	1.16	1.25	1.33	1.47	1.59	1.70	1.82

表 13-4　冲击系数 K_s

冲击载荷作用时间		$t\geqslant1/(2f_c)$	$t<(1/2f_c)$
K_s	无阻尼离合器	2	$2\sin(\pi f_c t)$
	有阻尼离合器	1.4 ~ 1.6	$(1.4\sim1.6)\sin(\pi f_c t)$

注：1. t 为冲击载荷作用时间（s）。

2. 如不能确定 t 值时，可按 $t>1/(2f_c)$ 情况取值。

3. f_c——摩擦因数。

13.2.1.2　摩擦片、摩擦副及摩擦块相关数据（见表 13-5 ~ 表 13-7）

表 13-5　摩擦副材料及其摩擦因数、许用压强和许用温度

摩擦副		摩擦因数 μ		许用压强[p]/MPa		许用温度/℃	
摩擦材料	对偶材料	干式	湿式	干式	湿式	干式	湿式
淬火钢	淬火钢	0.15 ~ 0.2	0.05 ~ 0.1	0.2 ~ 0.4	0.6 ~ 1.0	<260	<120
铸铁	铸铁	0.15 ~ 0.25	0.06 ~ 0.12	0.2 ~ 0.4	0.6 ~ 1.0	<300	
铸铁	钢	0.15 ~ 0.2	0.05 ~ 0.1	0.2 ~ 0.4	0.6 ~ 1.0	<260	
青铜	青铜、铸铁、钢	0.15 ~ 0.2	0.06 ~ 0.12	0.2 ~ 0.4	0.6 ~ 1.0	<150	

（续）

摩擦副		摩擦因数 μ		许用压强 $[p]$/MPa		许用温度/℃	
摩擦材料	对偶材料	干式	湿式	干式	湿式	干式	湿式
铜基粉末冶金	铸铁、钢	0.25～0.35	0.08～0.1	1.0～2.0	1.5～2.5	<560	<120
铁基粉末冶金	铸铁、钢	0.3～0.4	0.1～0.12	1.5～2.5	2.0～3.0	<680	
石棉基摩擦材料	铸铁、钢	0.25～0.35	0.08～0.12	2.0～3.0	0.4～0.6	<260	
夹布胶木	铸铁、钢	—	0.1～0.12	—	0.4～0.6	<150	
皮革	铸铁、钢	0.3～0.4	0.12～0.15	0.07～0.15	0.15～0.28	<110	
软木	铸铁、钢	0.3～0.5	0.15～0.25	0.05～0.10	0.01～0.15	<110	

注：1. 摩擦片片数少时，$[p]$ 值取上限，片数多时取下限。

2. 当摩擦片平均圆周速度 >2.5m/s 或每小时接合次数超过 100 次时，$[p]$ 值相应降低。

3. 对于某些石棉基摩擦材料，干式可用到 $[p]=1.5$MPa。

表 13-6　摩擦片参数和尺寸选择（参考）

项　　目	湿　式　片	干　式　片
摩擦片数量 z/片	5～16(一般) 25～30(最大)	2～10
摩擦片厚度 b/mm	1～2(冲压钢片) 3～5(青铜片) 4～8(夹布胶木片)	3～6(冲压钢片) 10～15(厚钢片) 5～20(铸铁片)
片间间隙(空转时)δ/mm	0.2～1(无衬面) 0.4～1.2(有衬面)	0.4～1.2(无衬面) 0.6～1.5(有衬面)
衬面层厚度 h/mm	石棉基材料:3～10 粉末冶金材料:0.25～2(薄层):2～6(厚层) 夹布胶木,皮革:3～5	
最大圆周速度 v/(m·s^{-1})	20～30(机床类):50～70(汽车类)	
金属表面粗糙度	一般 Ra 不低于 1.6μm,对于平均圆周速度大于 5m/s、接合频率超过每小时 60 次的钢质片 Ra 为 0.2～0.4μm	

表 13-7　摩擦块的参数和尺寸系列（参考）

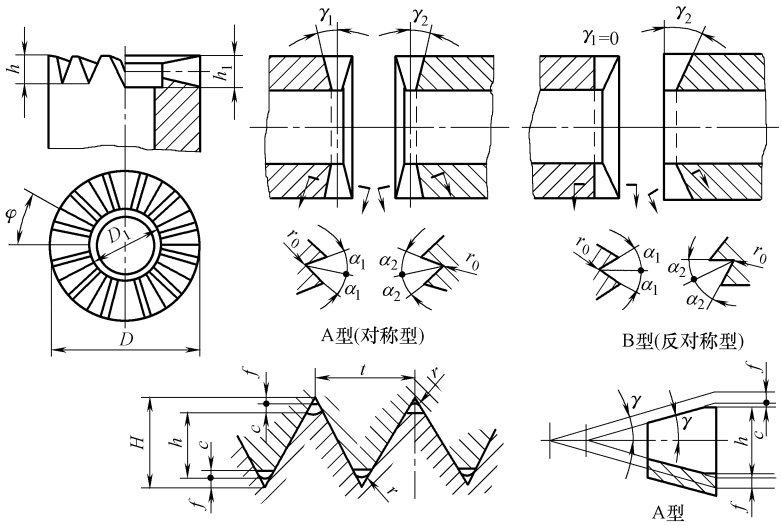
许用转矩 $[T]$/(N·m)	圆形块 d/mm	长圆形块/mm			块厚 h/mm	平均摩擦半径 R_m/mm	块　数		摩擦总面积 A/cm^2			许用压强 $[p]$/MPa	
		r	t	B			圆	长圆	圆	长圆	半圆	圆	长圆
400	40	20	50	40	20	100	6	6	75.36	99.36	66.4	0.973	0.74
800						110	12	9	150.72	147.54	144.0	0.885	0.904
1600	60	30	75		25	140	9	6	254.34	223.56	252.9	0.824	0.94
3150	60	30	75	60	25	180	12	9	339.12	335.34	323.0	0.947	0.958
6300	80	60	100		36	210	12	9	602.88	596.16	511.2	0.912	0.924
12500				80		260	18	15	904.32	993.6	765.0	0.965	0.888
18000						300	24	18	1205.16	1192.32	1004.4	0.913	0.923
25000	100	50	125	100	40	330	18	15	1413.0	1552.5	1305.6	0.983	0.895
35500						360	24	18	1884.0	1863.0	1557.0	0.960	0.970
50000		70	170	140		400	30	15	2355.0	2308.0	2071.0	0.975	0.988
71000						480	36	12	2826.0	2769.0	2928.0	0.960	0.978
100000	120	90	210	180	50	480	36	12	4068.0	3700.0	3582.0	0.938	1.030
140000						560	40	15	4520.0	4624.0	4812.0	1.010	0.995

注：许用转矩 $[T]=400\sim1700$Nm 可用于悬臂支承，$[T]=12500\sim140000$Nm 可用于双支承。

13.2.2　机械离合器

13.2.2.1　牙嵌离合器（见表 13-8 ~ 表 13-11）

表 13-8　正三角形牙的尺寸系列



$r_0=0.2,0.5,0.8$　$r=r_0/\cos\gamma\approx r_0$　$\alpha_1=30°$　$c=0.5r;f=r$

$\alpha_1=45°$　$c=0.3r;f=0.4r$　$h=H-(2f+c)$

牙形角　$2\alpha=60°$　$r=0.2$

D /mm	D_1 /mm	h_1 /mm	普通牙 z	普通牙 γ	普通牙 t /mm	普通牙 H /mm	普通牙 h /mm	普通牙 许用转矩 /(N·m)	细牙 z	细牙 γ	细牙 t /mm	细牙 H /mm	细牙 h /mm	细牙 许用转矩 /(N·m)
32	22	5	24	6°31′	4.19	3.62	3.07	45	48	3°15′	2.09	1.81	1.26	36
40	28				5.24	4.53	3.98	90			2.62	2.27	1.72	76
45	32				5.89	5.10	4.55	120			2.94	2.55	2.00	108
55	40		36	4°20′	4.80	4.15	3.60	210	72	2°10′	2.39	2.07	1.52	150
60	45				5.24	4.53	3.98	250			2.62	2.27	1.72	190
65	50				5.67	4.91	4.36	305			2.83	2.45	1.90	227
75	55	8	48	3°15′	4.91	4.25	3.70	520	96	1°37′	2.45	2.12	1.57	377
85	60				5.56	4.81	4.26	830			2.78	2.40	1.85	620
90	65				5.89	5.10	4.55	950			2.95	2.55	2.00	720
100	70				6.54	5.66	5.11	1400			3.27	2.83	2.28	1070
110	80				7.20	6.23	4.68	1440			3.60	3.12	2.57	1350
120	90				5.24	4.53	3.98	1350			2.62	2.27	1.72	1000
125			72	2°10′	5.45	4.72	4.17	2170	144	1°05′	2.73	2.36	1.81	1570
140	100				6.11	5.28	4.73	3140			3.05	2.64	2.09	2320
145					6.33	5.47	4.92	3750			3.16	2.74	2.19	2790
160	120				6.98	6.05	5.50	4260			3.49	3.03	2.48	3200
180	140				7.85	6.80	6.25	5540			3.93	3.39	2.84	4200
200	150		96	1°37′	6.54	5.66	5.11	8250	192	0°50′	3.27	2.83	2.28	6140
220	170				7.20	6.23	5.68	10220			3.60	3.12	2.57	7710
250	190				8.18	7.08	6.53	15900			4.09	3.54	2.99	12140
280	220				9.16	7.93	7.38	20440			4.58	3.97	3.42	15780

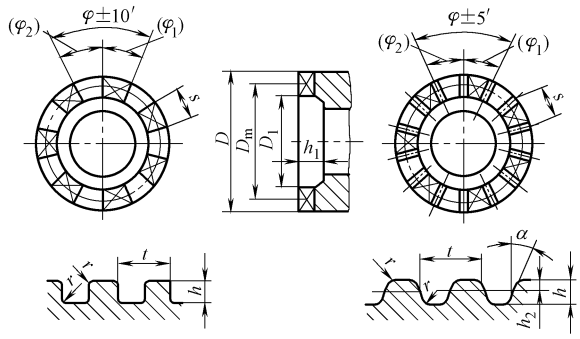
（续）

牙形角　$2\alpha=90°$　$r=0.2$															
D /mm	D_1 /mm	h_1 /mm	普通牙						细牙						
			z	γ	t /mm	H /mm	h /mm	许用转矩 /(N·m)	z	γ	t /mm	H /mm	h /mm	许用转矩 /(N·m)
32	22	5	24	3°45′	4.19	2.10	1.81	26	48	1°52′	2.10	1.05	0.76	20
40	28				5.24	2.62	2.33	50			2.62	1.31	1.02	45
45	32				5.89	2.95	2.66	72			2.95	1.48	1.19	60
55	40		36	2°30′	4.80	2.40	2.11	120	72	1°15′	2.40	1.20	0.91	90
60	45				5.24	2.62	2.33	150			2.62	1.31	1.02	110
65	50				5.67	2.84	2.55	180			2.84	1.42	1.13	135
75	55	8	48	1°52′	4.91	2.46	2.17	305	96	0°57′	2.46	1.23	0.94	225
85	60				5.56	2.78	2.49	480			2.78	1.39	1.10	370
90	65				5.89	2.95	2.66	560			2.95	1.48	1.19	430
100	70				6.54	3.27	2.98	820			3.27	1.64	1.35	640
110	80				7.20	3.60	3.31	1020			3.60	1.80	1.51	800
120	90				5.24	2.62	2.33	790			2.62	1.31	1.02	600
125	90		72	1°15′	5.45	2.73	2.44	1270	144	0°37′	2.73	1.37	1.08	940
140	100				6.11	3.06	2.77	1840			3.06	1.53	1.24	1380
145					6.33	3.17	2.88	2200			3.17	1.58	1.29	1640
160	120				6.98	3.49	3.20	2480			3.49	1.75	1.46	1850
180	140				7.85	3.93	3.64	3230			3.93	1.97	1.68	2480
200	150		96	0°57′	6.54	3.27	2.98	4820	192	0°28′	3.27	1.64	1.35	3640
220	170				7.20	3.60	3.31	5960			3.60	1.80	1.51	4530
250	190				8.18	4.09	3.80	9260			4.09	2.05	1.76	7150
280	220				9.16	4.58	4.29	11880			4.58	2.29	2.00	9230

注：1. 表中许用转矩值是按照低速时接合，由牙工作面压强条件确定的，对于静止状态接合，表值应乘以 1.75。

2. D_1、h_1 尺寸根据结构尺寸选择，表值仅供参考。

表 13-9　矩形牙、正梯形牙的尺寸系列　　（mm）

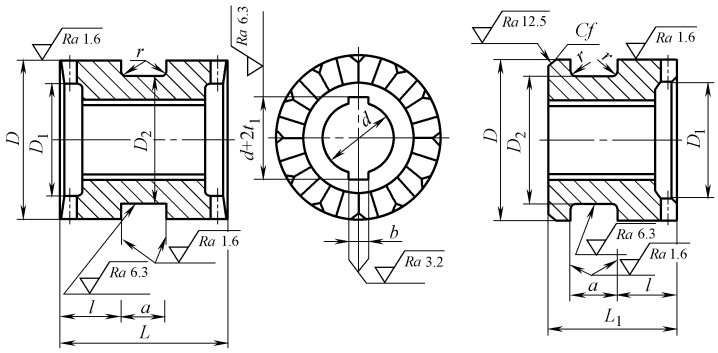


D	D_1	牙数 z	矩形牙				正梯形牙				h	h_1	h_2	接合时要求同时接触牙数 z'
			$\varphi\pm10'$	φ_1	(φ_2)	s	$\varphi\pm15'$	$\varphi_1{}^{20'}_{-40'}$	$(\varphi_2{}^{+40'}_{+20'})$	s				
40 50	28 35	5	72°	35°	37°	12.03 15.04	72°	36°	36°	12.36 15.45	5	6	2.1	3

（续）

D	D_1	牙数 z	矩形牙				正梯形牙				h	h_1	h_2	接合时要求同时接触牙数 z'
			$\varphi\pm10'$	φ_1	(φ_2)	S	$\varphi\pm15'$	$\varphi_1{}^{20'}_{-40'}$	$(\varphi_2{}^{+40'}_{+20'})$	s				
60	45	7	51°28′	24°43′	26°43′	12.84	51°26′	25°43′	25°43′	13.35	6	8	2.6	4
70	50					14.98				13.57				
80	60					17.12				17.80				
90	65					19.26				20.03				
100	75					21.40				22.25				
120	90	9	40°	18°30′	21°30′	19.29	40°	20°	20	20.84	8	10	3.6	5
140	100					22.50				24.31				
160	120	11	32°44′	14°22′	18°22′	20.01	32°14′	16°22′	16°22′	22.77				6
180	130					22.31				25.62				
200	150					25.01				28.47				

表 13-10　$\alpha=30°$、$\alpha=45°$ 三角形齿牙嵌盘尺寸系列　（mm）

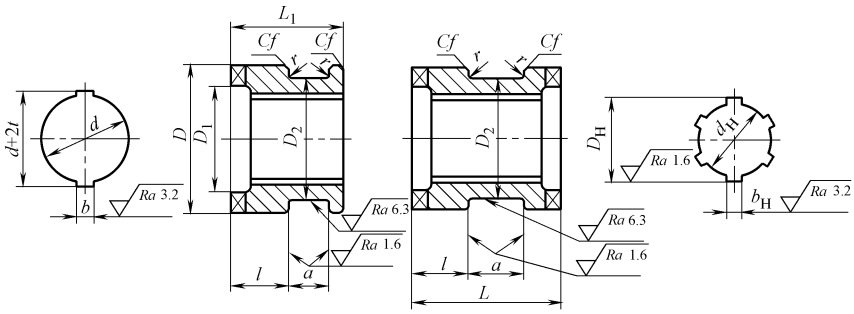


D	D_1	D_2	l	a	L	L_1	r	f	d(H7)	b(H9)	t_1(H12)	许用转矩/(N·m)
32	22	15	12	8	32	25	0.2	0.5	16	5	2.3	25
40	28	30	15	10	40	30	0.3		20	6	2.3	45
45	32	35	15	15	45	30			22			50
55	40	44	20		55	40			28	8	3.3	130
60	45	48	22	16	60	45		1	30			160
65	50	55	23	18	64	50			32	10		180
75	55	60	28		74	55			38			200
85	60	65	32	20	84	65			42	12		450
90	65	70	32		90	70			45	14	3.8	550
100	70	80	40		100	80			50			730
110	80	90	45		110	90	0.5	1.5	55	16	4.3	970
120	90	95	50		120	95			60	18	4.4	1300
125	90	100	50	25	125	100	0.5	1.5	65	18	4.4	1700
140	100	115	55		135	110			70	20	4.9	2200
145	120	125	60	25	145	115	0.5	1.5	75	20	4.9	2600
160	120	135	65		155	120		2	80	22	5.4	3000
180	140	145	70	30	170	130			90	25		4500
200	150	165	75		180	135			100	28	6.4	6100

注：1. 表中许用转矩为双键轴所能承受的转矩，牙的强度足够。

2. 半离合器材料为 45、40Cr 或 20Cr，其牙部硬度为 48～52HRC 或 58～62HRC。

表 13-11　矩形牙、梯形牙牙嵌盘尺寸系列（参考）　　（mm）



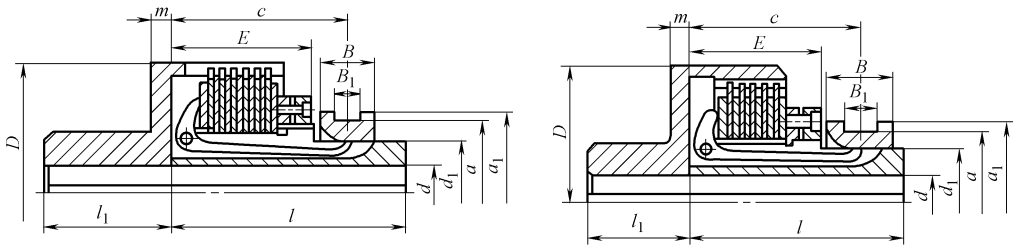
D	D_1	牙数 z	D_2	l	a	双向 L	单向 L_1	r	f	双键孔 d（H7）	双键孔 b（H9）	双键孔 t（H12）	花键孔 N	花键孔 d（H7）	花键孔 D（H10）	花键孔 B（H9）	许用转矩 $[T]$/（N·m）
40	28	5	30	15	10	40	30	0.5	0.5	20	6	2.3	6	18	22	5	77.1
50	35		38	20	12	50	38	0.8		25	8	3.2		21	25	5	120
60	45	7	48	22	16	60	45	1.0	1.0	32	10	3.3		28	34	7	246
70	50		54	28		70	50			35			8	32	38	6	375
80	60		60	30	20	80	60	1.2		40	12			36	42	7	437
90	65		70	35		90	70			45	14	3.8		42	48	8	605
100	75		80	40		100	80			50	16	3.8		46	54	9	644
120	90	9	100	50		120	100	1.5	1.5	60	18	4.4		56	65	10	1700
140	100		115	55	25	140	110			70	20	4.9		62	72	12	2580
160	120	11	135	65		160	120			80	22	5.4	10	72	82	12	3630
180	130		150	75		180	130			90	25			82	92	12	5020
200	150		160	85		200	140			100	28	6.4					5670

注：1. 表中许用转矩是按低速运转时接合，按牙工作面压强条件计算得出的值，对于静止接合，许用转矩值可乘以 1.75 倍。

2. 牙嵌盘材料为 45 钢，硬度为 48～52HRC；材料为 20Cr，硬度为 58～62HRC。

13.2.2.2　摩擦离合器（见表 13-12～表 13-16）

表 13-12　杠杆式多盘摩擦片离合器的主要技术参数和尺寸（参考）　　（mm）



a) Ⅰ　　b) Ⅱ

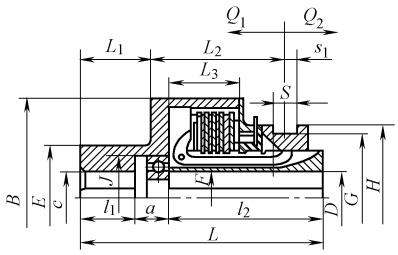
许用转矩 $[T]$/（N·m）		形式Ⅰ 20	40	80	160	200	320	450	640	形式Ⅱ 900	1400	2300
轴径 d(max)		15	22	32	45	45	48	60	68	70	80	100
尺寸	D	70	90	100	125	135	150	170	195	210	260	315
	d_1	35	50	60	72	72	72	102	102	102	120	153
	a	45	60	70	85	85	85	120	120	120	145	175

（续）

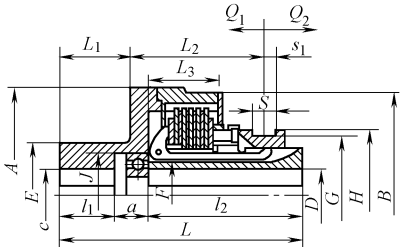
许用转矩[T]/(N·m)		形式Ⅰ								形式Ⅱ		
		20	40	80	160	200	320	450	640	900	1400	2300
轴径 d(max)		15	22	32	45	45	48	60	68	70	80	100
尺寸	a_1	55	75	85	100	100	100	140	140	140	170	205
	l	56	83	83	98	98	108	148	148	175	205	230
	l_1	25	35	35	50	50	50	70	70	80	80	90
	c	37	60	60	70	70	76	103	103	125	148	160
	E	28	46	46	52.5	52.5	58	77.5	76	94	111	119
	m	4	6	6	10	10	10	13	13	15	15	20
	B	18	24	24	32	32	32	50	50	50	55	70
	B_1	10	10	10	15	15	15	26	26	26	26	30
摩擦面对数 z		6	10	10	10	8	10	10	8	10	6	6
摩擦面直径	外径	54	67	78	98	108	123	141	162	178	225	270
	内径	34	50	60	72	78	84	102	118	132	155	189
接合力/N①		100	120	180	250	250	300	300	350	400	700	900
压紧力/N		1260	1430	1940	3250	9000	6250	6900	10400	10800	20500	27600

① 接合力指加压环的轴向推力。

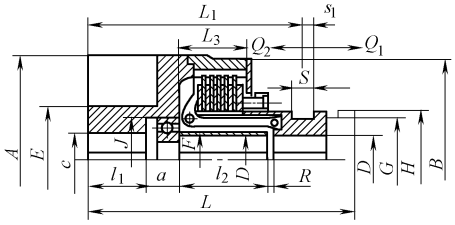
表 13-13　带滚动轴承的多片摩擦片离合器的特性参数和主要尺寸（参考）



a) 整体式外壳



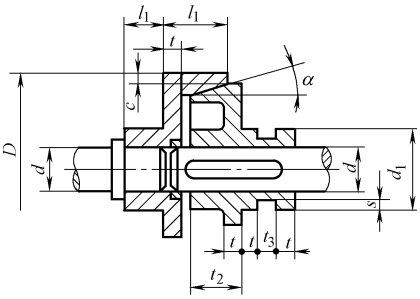
b) 组合式外壳



c) 带滚子接合杠杆

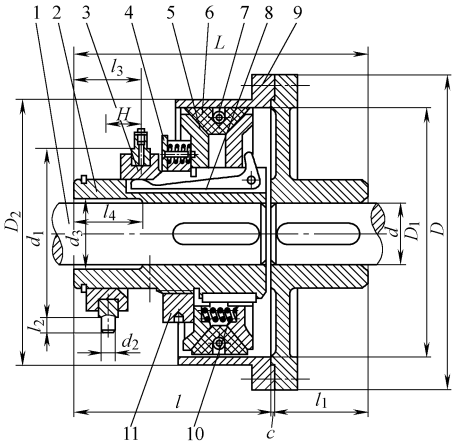
图号	特性参数：许用转矩[T]/(N·m)	质量/kg	转动惯量/(kg·m²) 内部	转动惯量/(kg·m²) 外部	接合力/N	脱开力/N
图 a	20	1.6	0.00025	0.00025	80	50
	60	3.0	0.001	0.0018	130	80
	80	4.2	0.0025	0.0028	130	80
	120	4.7	0.0035	0.0050	170	100
	160	6.5	0.0043	0.0068	200	120
	200	7.2	0.0048	0.010	250	150
	320	10.4	0.0075	0.018	300	180
	450	22.5	0.0275	0.043	400	250
	600	29.5	0.0350	0.0725	500	300
图 b	900	38.5	0.060	0.078	600	360
	1400	64	0.160	0.230	800	500
	2350	94	0.375	0.550	1200	750
	3600	157	0.680	1.250	1500	900
图 c	5400	247	1.350	2.750	2000	1200
	7500	325	2.45	4.50	2800	1700
	16000	495	9.13	19.75	3750	2250

表 13-14　圆锥离合器结构的比例尺寸



D	d_1	l_1	l_2	l_3	t	s	c	α	
$(4\sim6)d$	$2.3d$	$2d$	$1.5d$	$0.5d$	$0.4d$	$0.3d$	$0.25d$	用于金属对金属材料	≥8°～10°
								用于金属对石棉摩擦材料	≥20°～25°

表 13-15　双锥摩擦离合器的主要尺寸和特性参数



1—输出轴　2—内轴套　3—压紧环　4—锁紧机构　5—外锥盘　6—内锥面摩擦块
7—收缩弹簧　8—径向杠杆　9—外壳　10—分离弹簧　11—调整螺母

许用转矩 /(N·m)	许用转速 /(r·min^{-1})	l	l_1	c	d	d_1	l_2	d_2	l_3	d_3	l_4	H	D	D_1	D_2	L	质量 /kg
		mm															
71.6	4000	90	29	1	20	80	8	11	22	22	25	12	125	90	100	120	3.2
145	3200	101	33	1	25	90	10	12	27	26	29	15	152	115	125	135	6.5
215	2550	136	45	2	20～35	110	15	17	45	37	48	30	195	148	160	183	13
358	2120	153	60	3	30～55	140	17	17	50	57	50	33	235	185	200	216	22
573	1710	176	75	4	45～65	170	18	18	60	67	58	39	290	234	250	255	37
1150	1360	216	90	4	60～80	200	25	22	64	82	70	43	365	295	315	310	65
1790	1225	256	120	5	70～100	250	30	25	80	102	85	55	410	335	355	390	105
3580	1080	315	150	5	90～120	300	30	28	90	122	100	61	450	376	400	470	190
7160	855	389	170	6	110～140	360	30	35	114	142	125	70	580	472	500	565	320
14320	700	470	210	6	130～170	420	30	35	100	172	125	65	710	594	630	688	670

表 13-16　摩擦副数系数 K_m

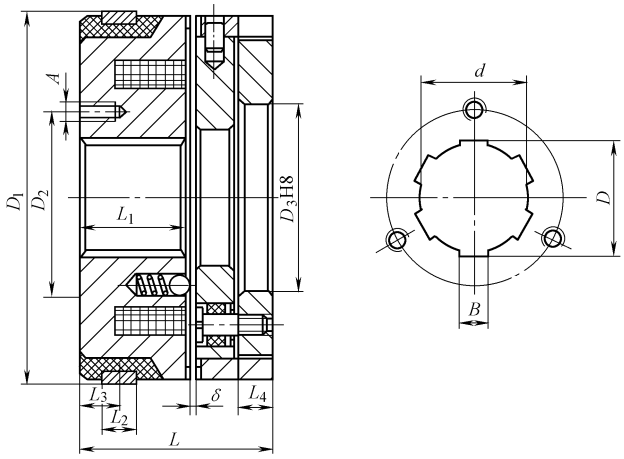
摩擦副数 m	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K_m	1	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76

13.2.3　电磁离合器

13.2.3.1　牙嵌式电磁离合器

牙嵌式电磁离合器相关标准见表 13-17 ~ 表 13-19，均摘自 JB/T 10611—2006。

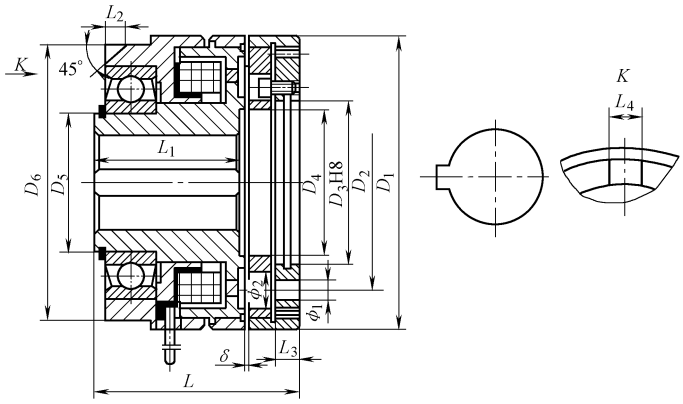
表 13-17　DLY0 系列离合器外形与安装尺寸　（mm）



规格代号	D_1	D_2	D_3	L	L_1	L_2	L_3	L_4	α	A	δ	电刷型号
1.2	61	27.5	30	36	19.2	7	6.5	6	30°	3 × M4 ↧ 8	0.2	DS-002
2.5	73	34	35	36	19.2	8	7	6	30°	3 × M4 ↧ 8	0.3	DS-002
5	87	41	45	44	24.2	8	9	8	30°	3 × M4 ↧ 8	0.3	DS-002
10	94	50	45	45	25.2	8	9	8	30°	3 × M4 ↧ 10	0.5	DS-002
16	104	55	60	50	29.2	8	9	8	30°	3 × M5 ↧ 10	0.5	DS-002
25	125	70	75	52.5	31	9	8.5	9	30°	3 × M5 ↧ 10	0.6	DS-001
40	140	75	80	62	35	10	8	10	60°	3 × M6 ↧ 10	0.6	DS-001

注：D_2、L 为用户参考尺寸。

表 13-18　DLY3 系列离合器外形与安装尺寸　（mm）

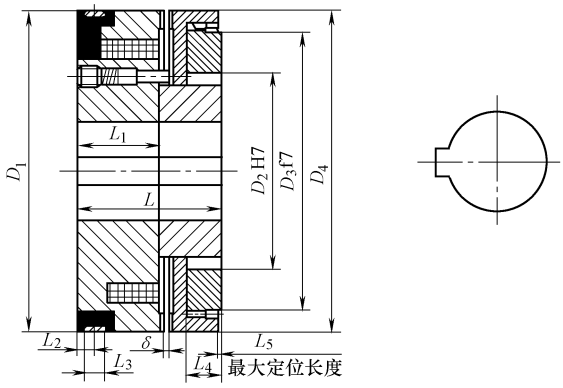


（续）

规格代号	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	L	L_1	L_2	L_3	L_4	ϕ_1	ϕ_2	δ
5	82	58	42	36	35	75	55	42	6	5.5	8	$3\times\phi4.5$	$3\times\phi10$	0.3
10	95	70	52	46	45	90	63	45	6	7.5	10	$3\times\phi5.5$	$3\times\phi10$	0.4
16	105	75	55	50	50	96	66.5	48.5	6	7.5	10	$3\times\phi6.5$	$3\times\phi12$	0.4
25	115	80	62	55	55	105	70	50.8	6	7.5	10	$3\times\phi6.5$	$3\times\phi12$	0.5
40	134	95	72	68	70	127	83	61	7	9.5	10	$6\times\phi8.5$	$6\times\phi15$	0.6
63	145	95	72	65	65	127	85.6	64.5	7	10	10	$6\times\phi8.5$	$6\times\phi15$	0.7
100	166	120	90	80	85	152	95	68	10	12.5	12	$6\times\phi8.5$	$6\times\phi15$	0.7

注：D_2、L 为用户参考尺寸。

表 13-19　DLY5 系列离合器外形与安装尺寸　（mm）



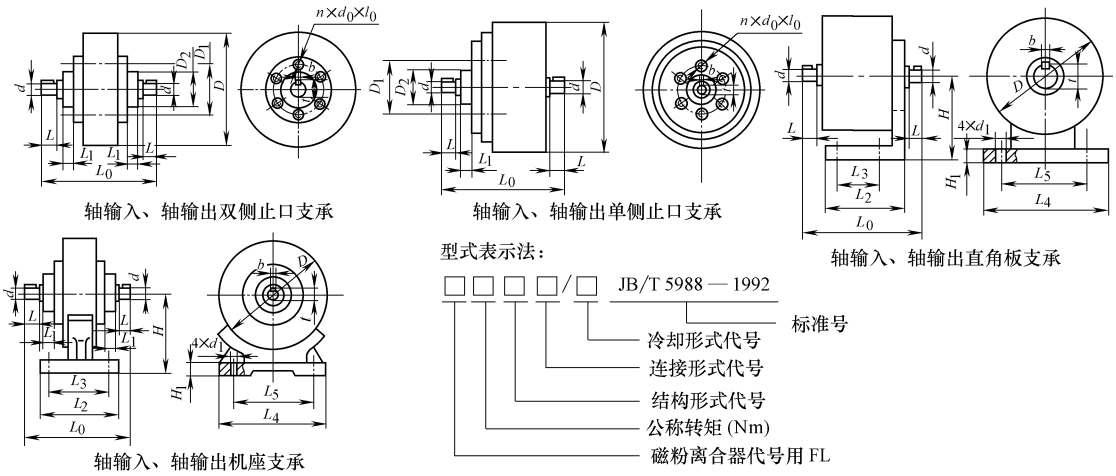
规格代号	D_1	D_2	D_3	D_4	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	δ	电刷型号
2	75	45	65	75	33	18.6	6.5	8	8	1.5	0.4	湿式：DS-005 干式：DS-006
5	90	53	75	90	40	24.1	6.5	8	9	2	0.5	
10	105	65	85	105	45	26.6	6.5	8	10.5	2	0.5	
16	115	70	100	115	50	29.6	6.5	8	12.5	2	0.5	
25	125	75	105	125	58	33.9	6.5	8	15.5	2.5	0.6	
40	140	85	115	140	67	40	7.5	10	17	2.5	0.6	
63	160	95	130	160	75	42	7.5	10	19.5	3	0.7	
100	182	115	155	185	85	49	7.5	10	21	3	0.7	
160	215	130	180	215	100	58	8.5	10	25.5	3.5	0.9	DS-010
250	250	150	210	250	115	66	8.5	10	26	3.5	0.9	

注：DLY5-16A 以下规格的离合器为单键，DLY5-25A 以上规格的离合器为双键，其中 DLY5-160A、DLY5-250A 双键 180°分布，其余呈 120°分布。

13.2.3.2　磁粉离合器

磁粉离合器相关参数见表 13-20～表 13-23，均摘自 JB/T 5988—1992。

表 13-20　轴输入、轴输出、单侧或双侧止口支承式、机座支承式、直角板支承式磁粉离合器的主要尺寸　（mm）



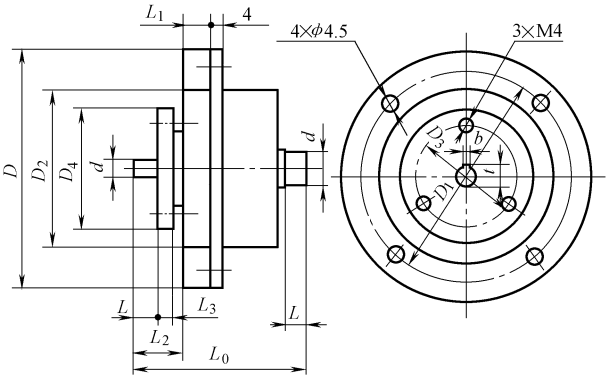
型　号		外形尺寸			连接尺寸				止口支承式安装尺寸						机座支承式、直角板支承式安装尺寸						
		L_0	L_6	D①	d (h7)	L	b (p7)	t	D_1	L_1	D_2 (g7)	n	d_0	l_0	L_2	L_3	L_4	L_5	H	$H_1$①	d_1
FL2.5□	FL2.5□.J	150	—	120	10	20	3	11.2	64	8	42	6	M5	10	70	50	120	100	80	8	7
FL5□	FL5□.J	162	—	134	12	25	4	13.5	64	10	42	6	M5	10	70	50	140	120	90	10	7
FL10□./□	FL10□.J/F	184	—	152	14	25	5	16	64	13	42	6×2	M6	10	90	60	150	120	100	13	10
FL25□./□	FL25□.J/F	216	—	182	20	36	6	22.5	78	15	55	6×2	M6	10	100	70	180	150	120	15	12
FL50□./□	FL50□.J/F	268	120	219	25	42	8	28	100	23	74	6×2	M6	10	110	80	210	180	145	15	12
FL100□./□	FL100□.J/F	346	120	290	30	58	8	33	140	25	100	6×2	M10	15	140	100	290	250	185	20	12
FL200□./□	FL200□.J/F	386	130	335	35	58	10	38	150	25	110	6×2	M10	15	160	120	330	280	210	22	15
FL400□./□	FL400□.J/F	480	130	398	45	82	14	48.5	200	33	130	8×2	M12	20	180	130	390	330	250	27	19
FL630□./□	FL630□.J/F	620	140	480	60	105	18	64	410	35	460	8×2	M12	25	210	150	480	410	290	33	24
FL1000□./□	FL1000□.J/F	680	150	540	70	105	20	74.5	460	40	510	8×2	M12	25	220	160	540	470	330	38	24
FL2000□./□	FL2000□.J/F	820	150	660	80	130	22	85	560	40	630	8×2	M16	30	230	180	660	580	390	45	24

注：1. 对于液冷式（水冷或油冷式）产品在总长 L_0 中可以增加小于 L_6 的冷却液进出装置的长度。

2. 生产厂：武汉汉阳船厂磁粉离合器分厂。

① D、H_1 为推荐尺寸。

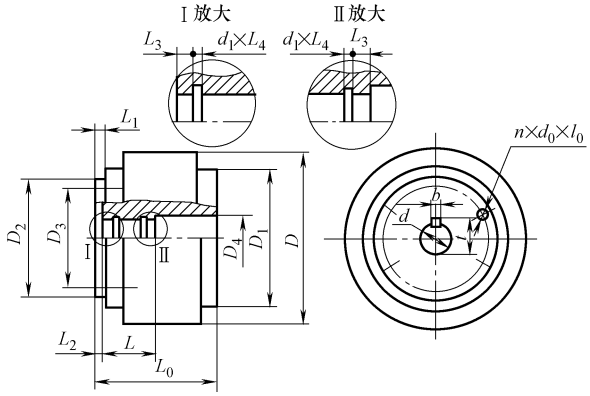
表 13-21　法兰盘输入、单侧或双侧轴输出，单止口支承式离合器主要尺寸　（mm）



（续）

型　号	外形尺寸		安装尺寸			连接尺寸							
	L_0	D	L_1	D_1	D_2	L	L_2	L_3	D_3	D_4	d	t	b
FL0.5□.D	77	70	8.5	60	48	10.5	16.5	5	30	40	5	4.5	9
FL1□.D	83	76	8.5	66	54	12	18.5	5	34	2	7	6.5	10
FL2.5□.D	95	85	9.5	75	63	15	22.5	6	40	48	9	8.5	13
FL5□.D	111	100	12	90	78	18	25	6	50	60	12	11.5	16

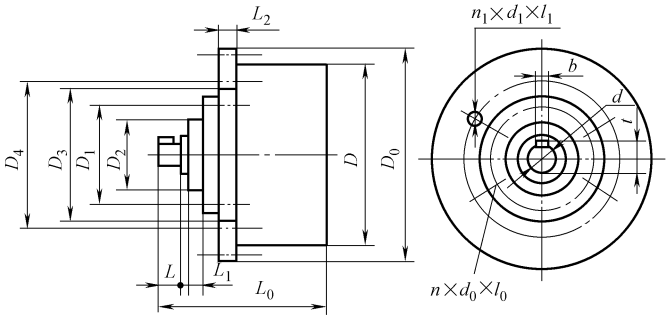
表 13-22　法兰盘输入、空心轴输出，空心轴（或单止口）支承式离合器主要尺寸　（mm）



型　号	外形尺寸		输入端连接尺寸							输出端连接尺寸								
	L_0	D	D_1	D_2	D_3	L_1	n	d_0	l_0	D_4	L	L_2	L_3	L_4	d	d_1	b	t
FL10□.K	103	160	96	80	68	20	6	M6	15	24	30	2	4	1.1	18	19	6	20.8
FL25□.K	119	180	114	90	80	20	6	M6	15	27	38	2	4	1.1	20	21	6	22.8
FL50□.K	141	220	140	110	95	20	6	M8	20	—	60	3	5	1.3	30	31.4	8	33.3
FL100□.K	66	275	176	125	110	20	6	M10	25	—	60	4	5	1.7	35	37	10	38.3

注：D 为推荐尺寸。

表 13-23　齿轮（链轮、带轮）输入，轴输出，单面止口支承式离合器主要尺寸　（mm）



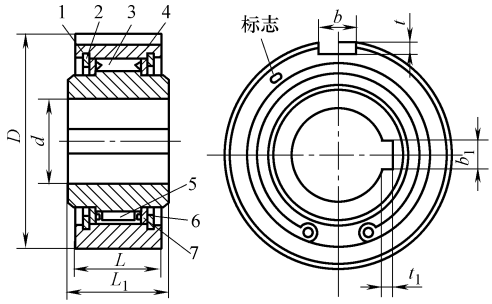
型号	外形尺寸		连接尺寸				安装尺寸						齿轮安装尺寸						齿轮参数		
	L_0	D①	d	L	b	t	D_1	D_2	L_1	n	d_0	l_0	D_3	D_4	L_2	n_1	d_1	l_1	外径 D_0	齿数 z	模数 m
FL1□.C	60	56	4	7.5	—	—	19	13	4	3	3	4	—	—	—	—	—	—	61	120	0.5
FL2.5□.C	120	100	10	20	3	11.2	64	42	8	6	5	10	84	94	—	—	—	—	106	104	1
FL5□.C	136	134	12	25	4	13.5	64	42	10	6	5	10	105	118	18	6	M5	10	140	68	2
FL10□.C	160	152	14	28	5	16	64	42	13	6×2	6	10	132	142	18	6	M6	15	162	79	2
FL25□.C	175	182	20	36	6	22.5	78	55	15	6×2	6	10	156	166	20	6	M6	17	188	92	2

① 齿轮安装尺寸为推荐值。

13.2.4　超越离合器

超越离合器相关参数见表 13-24 ~ 表 13-28，均摘自 JB/T 9130—2002。

表 13-24　CKA 系列单向楔块式超越离合器基本参数和主要尺寸



1—外环　2—内环　3—楔块　4—弹簧　5—滚柱　6—端盖　7—挡圈

型号	公称转矩 T_n /(N·m)	超越时的极限转速 n/(r·min^{-1})	外环 D (h7) /mm	外环 键槽 $b\times t$ /mm	外环 L /mm	内环 d (H7) /mm	内环 键槽 $b_1\times t_1$ /mm	内环 L_1 /mm	质量 m/kg
CKA1	31.5	2500	50	3×1.8	22	12	3×1.4	24	0.24
CKA2	50	2250	55	4×2.5		18	4×1.8		0.28
CKA3	63	2000	60	6×3.5		20	6×2.8		0.33
CKA4	100	1800	65		24	24		26	0.38
CKA5	140				30			32	0.48
CKA6、CKA7	180	1500	70	8×4.0		25、28	8×3.3		0.63、0.60
CKA8、CKA9	200		80			25、30			0.90、0.87
CKA10	315	1250	100	10×5.0	32	35	8×3.3	32	1.34
CKA11、CKA12	315					38、40	10×3.3	34	1.28、1.20
CKA13、CKA14	400	1000	110			35、40			1.81、1.94
CKA15、CKA16	630		130	14×5.5	36	45、50	14×3.8	38	3.11、3.02
CKA17	1250	800	140		52	50		55	5.27
CKA18				16×6.0		55	16×4.3		5.10
CKA19	2000		160						6.96
CKA20				18×7.0		60	18×4.4		6.78
CKA21、CKA22	2240		170			60、65			7.80、7.61
CKA23、CKA24	2500		180			60、65			8.87、8.69
CKA25	2800		200			65			11.02
CKA26	2800		200	20×7.5		70	20×4.9		10.82

注：1. 同一小格中 d、m 有两个数值，分别与同一行中两个型号相对应。

2. 离合器代号：CKA□—$D\times L\times d$。

3. 离合器的安装方向，应与主机要求的旋转方向一致。

4. 离合器的外环与机壳的配合，以及离合器的内环与轴的配合，均应是动配合。

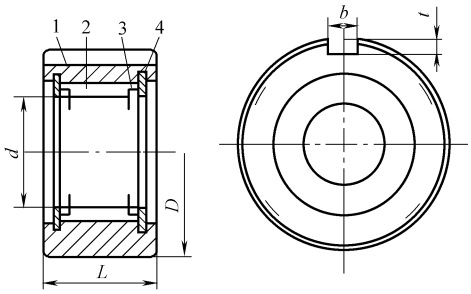
5. 组装离合器时，应保证模块的正确装配方向，并注入适量润滑油或 2 号锂基润滑脂。

6. 离合器长期在高速状态下运行时，应有相应的冷却措施。

7. 离合器的内环与轴均采用键连接。

8. 生产厂：北京新兴超越科技开发公司。

表 13-25　CKB 系列无内环单向楔块式超越离合器的基本参数和主要尺寸

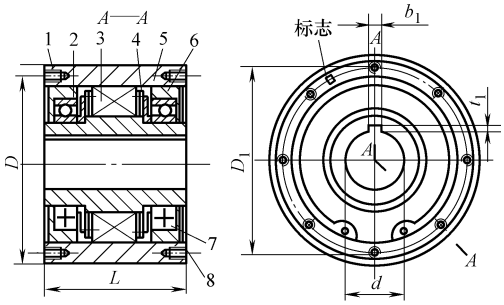


1—外环　2—楔块　3—弹簧　4—端盖

型号	代　　号	公称转矩 T_n/(N·m)	轴最高超越转速 n/(r·min^{-1})	外环 D (h7) /mm	外环 键槽 $b\times l$ /mm	外环 L /mm	轴径 d $\left(\begin{smallmatrix}0\\-0.025\end{smallmatrix}\right)$ /mm	同一外径的轴承型号	质量 m/kg
CKB1	CKB1-40×25-16	35.5	2000	40	4×2.5	25	16	6203	0.21
CKB2	CKB2-47×25-18	56	2000	47	5×3.0		18	6204	0.29
CKB3	CKB3-52×25-24	90	1800	52	5×3.0		24	6205	0.33
CKB4	CKB4-62×28-30	200	1800	62	6×3.5	28	30	6206	0.51
CKB5	CKB5-62×28-32						32		0.48
CKB6	CKB6-62×28-35						35		0.45
CKB7	CKB7-72×28-40	315		72			40	6207	0.61
CKB8	CKB8-72×28-42						42		0.59
CKB9	CKB9-80×32-45	500	1600	80	8×4.0	32	45	6208	0.75
CKB10	CKB10-80×32-48						48		0.80
CKB11	CKB11-90×32-50	560		90			50	6209	0.94
CKB12	CKB12-90×32-55	630	1200		10×5.0		55	6210	1.00
CKB13	CKB13-100×42-60	710					60	6211	1.26
CKB14	CKB14-110×42-65	1000		100		42	65	6212	2.04
CKB15	CKB15-120×42-70	1120	1000	120			70	6213	2.46
CKB16	CKB16-125×42-80	1250		125	12×5.0		80	6214	2.40

注：同表 13-24。

表 13-26　CKF 系列单向楔块式超越离合器的基本参数和主要尺寸



1—外环　2—内环　3—楔块　4—固定挡环　5—挡环
6—端盖　7—轴承　8—挡圈

（续）

型 号	公称转矩 T_n /(N·m)	螺钉拧紧力矩 /(N·m)	非接触转速 /(r·min^{-1})	最高转速 /(r·min^{-1})	外环				内环			质量 m/kg
					D (h8) /mm	两端各螺纹孔数-直径×深 /mm	螺栓分布直径 D_1 /mm	宽 L (js9) /mm	内径 d (H7) /mm	键槽 $b_1 \times t_1$ /mm	宽 L_1 (js9) /mm	
CKF1	400	10	480	1500	165	8×M8×20	145	125	25	8×3.3	125	20.51
CKF2、CKF3	500	12	470		170		150	130	25、30		130	22.68、22.46
CKF4	600	14	450		175		155		30			23.84
CKF5									35	10×3.3		23.58
CKF6	800	18	430		185	8×M10×25	162					26.46
CKF7									40	12×3.3		26.16
CKF8、CKF9	1000	22	420	1500	190	8×M10×25	168	135	32、38	10×3.3	135	28.13、27.79
CKF10、CKF11									40、42	12×3.3		27.67、27.54
CKF12、CKF13									45、50	14×3.8		27.33、26.95
CKF14	1250	25	400		195		172	145	40	12×3.3	145	32.59
CKF15、CKF16									45、50	14×3.8		32.21、31.78
CKF17									55	16×4.3		31.31
CKF18	1400	26			205	10×M10×25	182		40	12×3.3		36.61
CKF19、CKF20									45、50	14×3.8		35.78、35.34
CKF21									55	16×4.3		34.81
CKF22、CKF23	1600	27			208		185	150	45、48	14×3.8	150	38.16、37.90
CKF24									50			37.72
CKF25									55	16×4.3		37.24
CKF26									60	18×4.4		36.71
CKF27	2000	30			220		195		50	14×3.8		42.48
CKF28									55	16×4.3		41.99
CKF29、CKF30									60、65	18×4.4		41.46、40.88
CKF31	2500	32	390		230	12×M10×25	205		50	14×3.8		46.65
CKF32									55	16×4.3		46.16
CKF33、CKF34									60、65	18×4.4		45.63、45.05
CKF35									70	20×4.9		44.42
CKF36、CKF37	4000	52	380		245	12×M12×25	218	160	60、65	18×4.4	160	55.70、55.09
CKF38、CKF39									70、75	20×4.9		54.42、53.70
CKF40									80	22×5.4		52.93
CKF41、CKF42	6300	95	370		260	12×M14×25	230		70、75	20×4.9		61.90、61.18
CKF43、CKF44									80、85	22×5.4		60.42、59.60
CKF45									90	22×5.4		58.74
CKF46、CKF47	8000	110			275		245	170	80、85	22×5.4	170	72.61、71.75
CKF48、CKF49									90、95	22×5.4		70.83、69.86
CKF50									100	28×6.4		68.33
CKF51、CKF52	10000	140			295	12×M16×30	260	185	90、95	25×5.4	185	90.09、89.03
CKF53、CKF54									100、110	28×6.4		87.92、85.46
CKF55、CKF56	12500	170	350		330		295	200	100、110		200	121.95、119.36
CKF57、CKF58									120、130	32×7.4		116.53、113.44
CKF59	16000	215			360	12×M18×30	320	215	110	28×6.4	215	155.75
CKF60、CKF61									120、130	32×7.4		152.70、149.39
CKF62									140	36×8.4		145.81
CKF63、CKF64	20000	230			410	16×M20×30	360	225	120、130	32×7.4	225	213.21、209.75

（续）

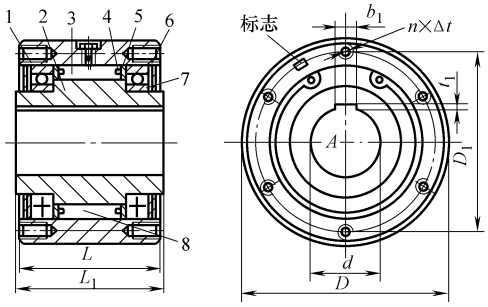
型　号	公称转矩 T_n /(N·m)	螺钉拧紧力矩 /(N·m)	非接触转速 /(r·min^{-1})	最高转速 /(r·min^{-1})	外环				内环			质量 m/kg
					D (h8) /mm	两端各螺纹孔数-直径×深 /mm	螺栓分布直径 D_1 /mm	宽 L (js9) /mm	内径 d (H7) /mm	键槽 $b_1 \times t_1$ /mm	宽 L_1 (js9) /mm	
CKF65、CKF66	20000	230	350	1500	410	16×M20×30	360	225	140、150	36×8.4	225	206.00、201.98
CKF67	25000	240	310	1000	440		390	235	130	32×7.4	235	256.01
CKF68、CKF69									140、150	36×8.4		252.10、247.90
CKF70									160	40×9.4		243.41

注：1. 同一小格中 d、m 有两个数值，分别与同一行中两个型号相对应。

2. 离合器代号：CKF□—$D \times L \times d$。

3. CKF 系列离合器在机械中，常作为防逆转机构，属于非接触式，一般用于高速，当内环转速小于 400r/min 时，此时为接触式，但仍可使用。

表 13-27　CKZ 系列（带轴承型）单向楔块式超越离合器的基本参数和主要尺寸



1—外环　2—内环　3—楔块　4—弹簧　5—垫圈　6—端盖　7—轴承　8—滚柱

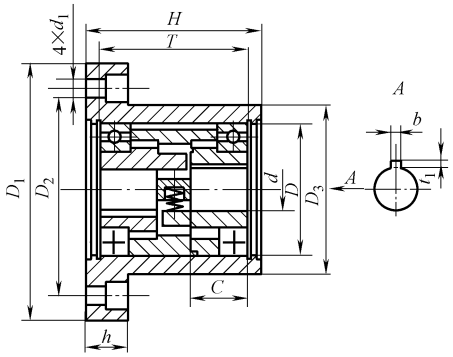
型　号	公称转矩 T_n /(N·m)	内环超越时的极限转速 n /(r·min^{-1})	外环				内环			质量 m/kg
			D (h7) /mm	两端螺柱孔数-直径×深 /mm	螺柱分布直径 D_1 /mm	宽 L /mm	内径 d (H7) /mm	键槽 $b_1 \times t_1$ /mm	L_1 /mm	
CKZ1	180	1500	75	4×M6×12	61	48	14	5×2.3	50	1.35
CKZ2	200		80		68	66	20		68	1.95
CKZ3	250	1300	90	6×M8×12	76	68	25	6×2.8	70	2.36
CKZ4	315	1200	100		88	80	30	10×3.3	82	3.17
CKZ5	400		110	8×M8×16	92	86	35		90	4.65
CKZ6、CKZ7	650		120	8×M8×20	105	90	38、40		92	5.64、5.55
CKZ8							42	12×3.3		5.47
CKZ9	1000	1100	125		110					6.14
CKZ10							45	14×3.8		6.02
CKZ11、CKZ12	1200		130		115		45、48			6.70、6.55
CKZ13、CKZ14	1500	1000	136		120	92	45、50		95	8.06、7.74
CKZ15、CKZ16	2240		150		130	100	48、50		102	11.12、11.02
CKZ17							55	16×4.3		10.43
CKZ18	2500		155		140		55			11.36
CKZ19							60	18×4.4		11.01
CKZ20、CKZ21	2600		160		145	110	60、65		112	13.07、12.65

（续）

型　　号	公称转矩 T_n /(N·m)	内环超越时的极限转速 n /(r·min^{-1})	外环				内环			质量 m/kg
			D (h7) /mm	两端螺柱孔数-直径×深 /mm	螺柱分布直径 D_1 /mm	宽 L /mm	内径 d (H7) /mm	键槽 $b_1 \times t_1$ /mm	L_1 /mm	
CKZ22	2700	1000	170	6×M10×20	150	110	65	18×4.4	112	14.88
CKZ23							70	20×4.9		14.42
CKZ24	2800	900	180		158	124	55	16×4.3	128	18.80
CKZ25、CKZ26							60、65	18×4.4		18.46、18.06
CKZ27							70	20×4.9		17.63
CKZ28	2850	800	190		170		65	18×4.4		22.73
CKZ29							70	20×4.9		20.01
CKZ30	2900		200		175		65	18×4.4		22.93

注：同表 13-24。

表 13-28　CKS 系列单向楔块式超越离合器的基本参数和主要尺寸



序号	型　　号	公称转矩 /(N·m)	安装尺寸/mm											
			离合器						壳体					
			d	D	T	C	b	t_1	D_1	D_2	D_3	H	h	d_1
1	CKS70(42)×58-10	20	10	32	51	20	3	1.4	70	55	42	58	11	6.5
2	CKS75(45)×58-10	20	10	35	52	20	3	1.4	75	60	45	58	11	6.5
3	CKS75(45)×58-12	20	12	35	51	20	4	1.8	75	60	45	58	11	6.5
4	CKS75(45)×58-15	20	15	35	51	20	3	1.4	75	60	45	58	11	6.5
5	CKS95(57)×78-17	50	17	47	70	27	5	2.3	95	75	57	78	13	8.5
6	CKS105(62)×78-20	100	20	52	70	27	6	2.8	105	84	62	78	16	10.5
7	CKS115(74)×78-20	100	20	62	70	27	6	2.8	115	95	74	78	16	10.5
8	CKS115(74)×88-25	120	25	62	80	32	8	3.3	115	95	74	88	16	10.5
9	CKS125(84)×100-30	150	30	72	90	37	8	3.3	125	105	84	100	16	10.5
10	CKS145(94)×110-35	200	35	80	100	40	10	3.3	145	120	94	110	20	13
11	CKS155(102)×110-40	250	40	85	100	40	12	3.3	155	128	102	110	20	13
12	CKS160(108)×120-45	300	45	90	110	45	14	3.8	160	134	108	120	20	13

注：同表 13-24 注 3～8。

13.2.5　安全离合器

13.2.5.1　剪销式安全离合器

剪销式安全离合器的相关参数见表 13-29、表 13-30。

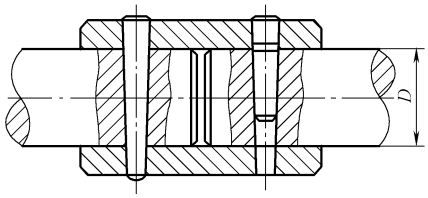
表 13-29　销材料的比例系数 K_0

销直径/mm	销材料伸长率(%)			
	12～20	22～30	24～25	29.5～31.4
	圆柱销		V 形切槽销	
2～3	0.78～0.80	0.80～0.81	—	—
4～5	0.68～0.72	0.75～0.76	0.86～0.95	0.92～1.06
6～8	0.68～0.72	0.75～0.78	0.86～0.95	0.92～1.10

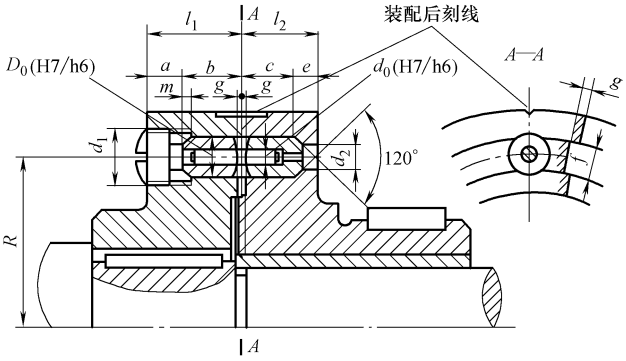
注：1. 销材料：T8A、T10A、45 和 50 钢。

2. 表值适用于轴向分布销，径向分布时，K_0 = 表值×(1.05～1.10)。

表 13-30　剪销式安全离合器的主要尺寸　(mm)



套筒式剪销安全离合器

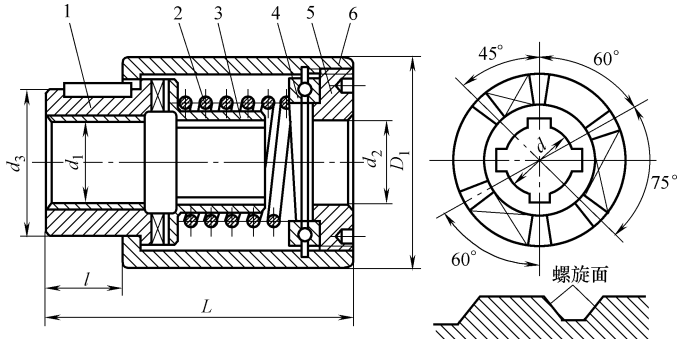


剪断力/N	d_0(H7/h6)	d_1	d_2	D_0(H7/h6)	l_1	l_2	a	b	c	e	f	g	m
690	1.5	M16	5	10	22	16	10	12	11	5	8	1	1.5
1275	2.0												
2850	3.0	M20	8	15	30	25	12	18	17	8	10	1.5	2
5200	4.0												
8100	5.0												
11770	6.0	M30	12	25	50	45	22	28	26	19	16	2	2.5
20600	8.0												
32360	10												
55000	13.0	M48	18	40	75	64	33	42	39	25	28	3	3
83400	16.0												
130000	20.0												

13.2.5.2　牙嵌式安全离合器

牙嵌式安全离合器的相关参数见表 13-31、表 13-32。

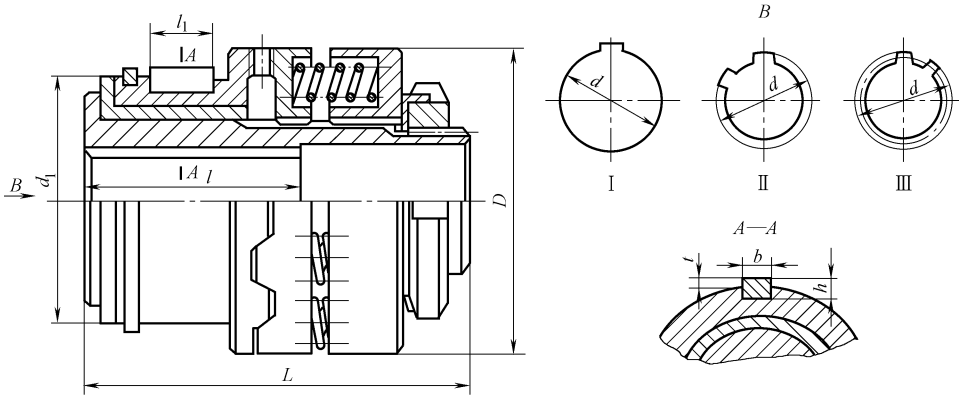
表 13-31　牙嵌式安全离合器（一）的主要尺寸　　（mm）



1、3—半离合器　2—弹簧　4—推力轴承　5—调节螺母　6—套环

花键孔 $N\times d\times D\times b$	D_1	d_1	d_2	d_3	L	l	弹簧尺寸 $d\times D\times H$	轴承型号	螺旋面的螺距	极限转矩 /(N·m)
6×21×25×5	70	25	25	45	110	25	4×50×100	51107	125.6	6 10 13
6×26×32×6	80	30	30	50	120	30	5×55×100	51109	157	16 20 25
8×36×40×7	100	40	40	65	130	35	7×65×70	51111	196.2	32 40 50

表 13-32　牙嵌式安全离合器（二）的主要尺寸



极限转矩 /(N·m)	d(H7)			d_1 /mm	D① /mm	D② /mm	l(h14)/mm		$l_1$③ /mm	b /mm	h (b11) /mm	t (h12) /mm	最高转速 /(r·min^{-1})	质量 m/kg
	Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型				Ⅰ型	Ⅱ型和Ⅲ型						
4	8 9 10	—	—	32	36	63	20 23	—	12	3	3	1.8	1600	0.32
6.3	9 10 11	—	—	38	48		20 23 23	—	14	4	4	2.5	1250	0.50

（续）

极限转矩/(N·m)	d(H7) Ⅰ型	d(H7) Ⅱ型	d(H7) Ⅲ型	d_1/mm	D①/mm	D②/mm	l(h14)/mm Ⅰ型	l(h14)/mm Ⅱ型和Ⅲ型	$l_1$③/mm	b/mm	h(b11)/mm	t(h12)/mm	最高转速/(r·min⁻¹)	质量 m/kg
10	11	—	—	48	56	75	23	—	16	5	5	3.0	1250	0.86
	12	—	12				30	25						
	14	14	13				30							
16	12	—	12			80	30		18				1000	0.90
	14	14	13				30							
	16	16	15				40	28						
25	14	14	13	56	71	85	30	25	21	6	6	3.5	800	1.60
	16	16	15				40	28						
	18	—	17				40							
40	18	—	17			105	40	28	24					1.80
	20	20	20				50	36						
	22	22	22				50							
63	20	20	20	65	85	110	50	36	28	8	7	4.0	630	2.50
	22	22	22				50							
	25	25	25				60	42						
100	25	25	25	80	100	140	60	42	32	10	8	5.0	500	5.00
	28	28	28											
	—	—	30				80	58						
160	28	28	28		125	160	60	42	36					7.50
	—	—	30				80	58						
	32	32	32											
250	32	32	32	90	140	180	80	58	42	12			400	10.00
	36	—	35											
	—	38	38											
	40	—	40				110	82						
400	—	38	38	105	180	190	80	58	48	14	9	5.5	315	16.00
	40	—	40				110	82						
	—	42	42											
	50	—	45											

①、②、③不大于表列尺寸。

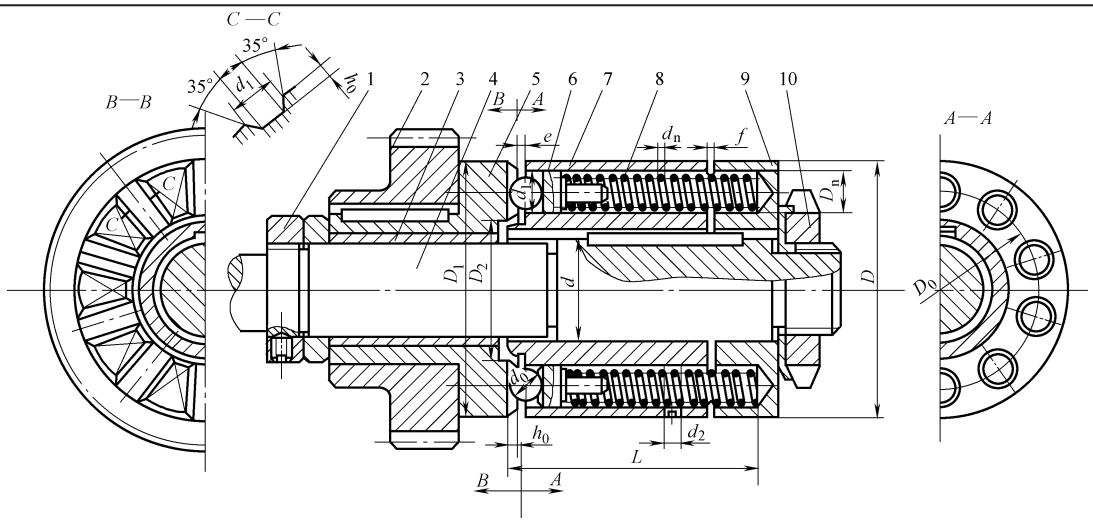
13.2.5.3 钢球式安全离合器

钢球式安全离合器的相关参数见表 13-33、表 13-34。

表 13-33 钢球许用法向作用力 F_n

钢球直径 d_0/mm	11	12	14	16	20	24	28	32
许用法向作用力 F_n/N	160	180	200	220	280	40	400	500

表 13-34　钢球式安全离合器的主要尺寸和特性参数



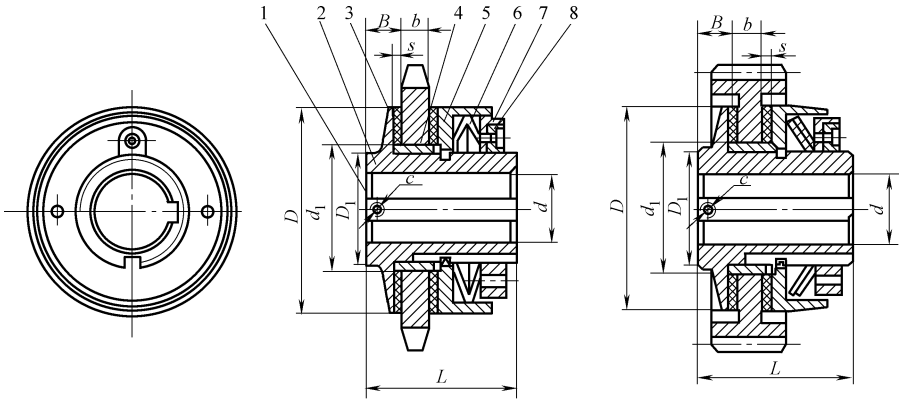
1、10—螺母　2—齿轮　3—轴套　4—轴　5—套筒(半离合器)　6—支承座
7—壳体(半离合器)　8—弹簧　9—弹簧座圈

极限转矩/(N·m)	D/mm	D_0/mm	D_1/mm	D_2/mm	d/mm	L/mm	d_1/mm	h_0/mm	e/mm	f/mm	钢球 直径 d_0/mm	钢球 个数 z	螺钉 d_2/mm	弹簧 一个弹簧压缩力/N	弹簧 弹簧外径 D_n/mm	弹簧 钢丝直径 d_n/mm	弹簧 圈数 n	弹簧 自由状态长度 H/mm	弹簧 压缩状态长度 H_1/mm
192～236						130								410		3.5	27	139	91
253～340	150	118	140	100	80	130	24.5	6.5	2.0	6.5	24	10		630	22	4.0	24	127	96
512～695						200								1300		5.0	32	196	166
266～326						130							M8	410		3.5	27	139	97
350～472	170	136	155	115	95	130	24.5	6.5	2.0	6.5	24	12		630	22	4.0	24	127	96
710～965						200								1300		5.0	32	169	166
311～384						130								410		3.5	27	139	97
411～554	195	160	180	140	115	130	24.5	6.5	2.0	6.5	24	12		630	22	4.0	24	127	96
834～1138						200								1300		5.0	32	196	166
560～665						160							M10	750		4.0	26	164	121
836～1175	225	185	210	150	135	160	28.5	8.0	2.0	7.5	28	14		1430	26	5.0	38	257	210
1641～2200						250								1900		6.0	35	247	210
840～1060						160								750		4.0	26	164	121
1650～1940	260	216	240	195	160	250	28.5	8.0	2.0	7.5	28	14		1430	26	5.0	38	257	210
2055～2600						250								1900		6.0	35	247	210
1600～1800						250							M12	880		5.0	41	289	206
2480～3000	300	250	275	225	190	250	33.0	9.0	3.0	8.0	32	15		1590	30	6.0	34	258	205
3900～4880						320								2630		7.0	39	322	275

13.2.5.4　摩擦式安全离合器

摩擦式安全离合器的相关参数见表 13-35～表 13-37。

表 13-35　干式单片圆盘摩擦离合器主要尺寸和特性参数

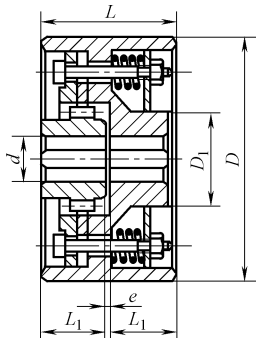


a) Ⅰ型　　b) Ⅱ型

1—固定螺钉　2—轴套　3—摩擦衬面层　4—衬套　5—加压盘　6—碟形弹簧　7—调节螺母　8—锁紧块

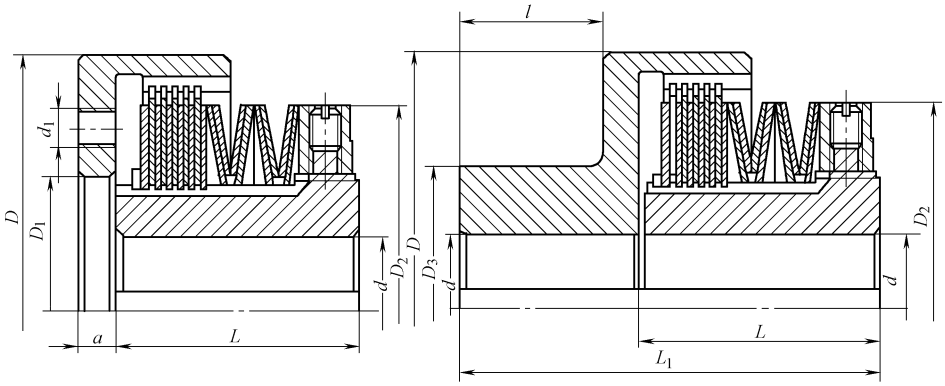
极限转矩/(N·m)		尺寸/mm									质量	弹簧力/N	
Ⅰ型	Ⅱ型	D	b	d_1	B	D_1	d	c	L	s	/kg	Ⅰ型	Ⅱ型
25	50	68	3～10	44	17	45	10～25	M5	52	3	0.86	1270	2540
50	100	88	4～12	58	19	58	14～35	M5	57	3	1.60	1950	3900
100	200	115	5～15	72	21	75	18～45	M6	68	4	3.14	3050	6100
200	400	140	6～18	85	23	90	24～55	M6	78	4	5.37	5100	10200
350	700	170	8～20	98	29	102	28～65	M8	92	5	9.00	7500	15000
600	1200	200	8～23	116	31	120	38～80	M8	102	5	12.42	10500	21000
1000	2000	240	8～25	144	33	150	48～100	M10	113	5	21.17	15000	30000
1700	3400	285	8～25	170	35	180	58～120	M10	115	5	30.67	21000	42000

表 13-36　单盘安全离合器的主要尺寸和特性参数

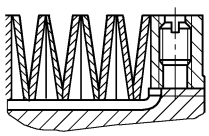


序号	传递功率/kW	最高转速/(r·min^{-1})	尺寸/mm						许用位移		许用轴向浮动间隙/mm	质量/kg
			d	D_1	D	L	L_1	e	角向/(°)	径向/mm		
1	0.13	5600	10～25	48	100	70	32	1.5	0.1	0.13	0.25	2.3
2	0.26	4500	12～25	48	125	80	35	3.3				3.3
3	0.52	3800	15～40	70	150	90	40	3.3				5.9
4	1.34	2800	15～45	82	200	100	48	3.3				9.5
5	2.40	2500	20～50	95	225	125	55	3.3				17.2
6	3.0	2300	25～65	120	250	125	65	3.3				27.2
7	6.0	1900	40～75	140	300	140	75	3.3				41.3

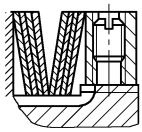
表 13-37　干式多片安全离合器的主要尺寸和极限转矩　　(mm)



a)　　b)



c)

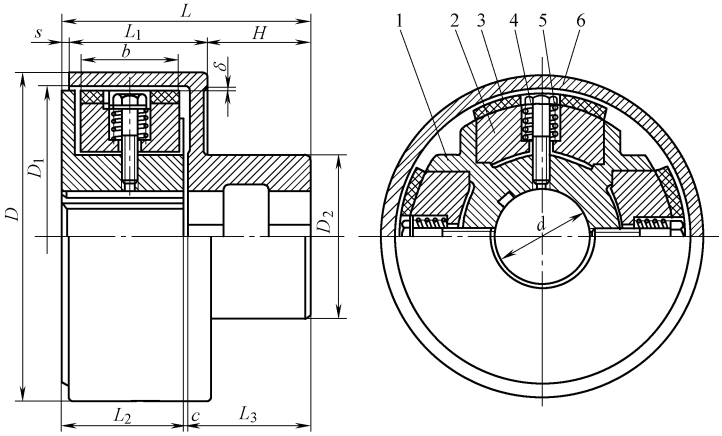


d)

极限转矩/(N·m)	D	D_1	d	D_2	d_1	a	D_3	L	L_1	l
25	70	45	10～20	58	6×M6	6	60	40	90	45
40										
63										
40	90	55	12～25	75	6×M8	8	80	55	125	60
63										
100										
63	100	65	14～35	90	6×M8	8	90	55	125	60
100										
160										
100	125	75	17～45	110	8×M10	10	110	60	140	70
160										
250										
160	135	75	17～45	110	8×M10	10	110	65	150	75
250										
400										
250	150	95	22～55	120	8×M12	12	125	75	180	90
400										
630										
400	170	110	28～65	155	8×M12	12	140	85	200	100
630										
1000										
630	195	125	33～70	165	8×M16	15	150	95	220	110
1000										
1000	210	140	38～60	180	8×M16	15	170	110	260	135
1600										
2500										

13.2.6　离心离合器（见表 13-38、表 13-39）

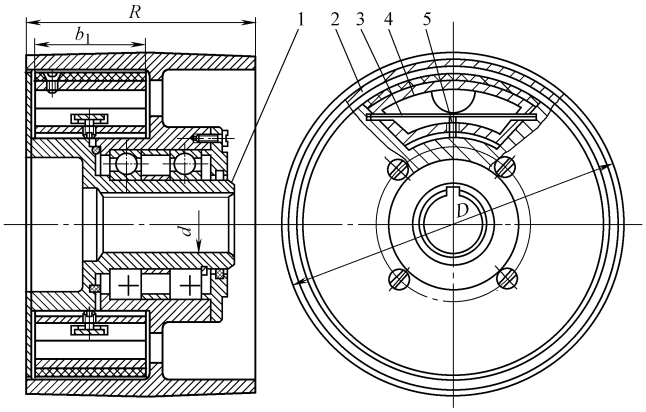
表 13-38　带螺旋压缩弹簧闸块离心离合器主要尺寸和特性参数（JB/T 6138—1992）



1—主动轮毂　2—闸块　3—衬面　4—螺钉　5—弹簧　6—从动半离合器

序号	最高转速/(r·min^{-1})	尺寸/mm													最多闸块数 z
		d (max)	D	D_1	L_3	L	L_1	L_2	D_2	H	b	s	c	δ	
1	3000	22	100	81	41	84	54	48	44	33	42	3	2	2	4
2		32	127	113	51	108	62	55	63	40	48	5			
3	2500	38	152	136	60	124	70	62	76	50	54				
4		45	178	160	66	138	81	70	81	52	60				
5	2000	55	203	184	73	147	84	73	108	58	64				
6	1600	70	254	233	79	160	92	79	133	63	70				
7	1300	80	304	282	89	181	101	89	165	70	76	8	3		6
8	1100	100	356	330	98	200	114	98	190	78	86			2.5	
9	1000	115	406	378	111	225	127	111	210	90	98				
10	900	130	456	426	120	244	135	120	241	98	105	10			8
11	800	150	508	470	133	270	149	133	266	108	110	12		3	
12	700	180	610	565	146	295	165	146	330	117	128				

表 13-39　带片弹簧闸块离心离合器主要尺寸和特性参数



1—主动轮毂　2—从动轮　3—片弹簧　4—闸块　5—调节螺钉

（续）

可传递功率 P/kW（n = 1500r/min）	闸块数 z	d	D	B	b_1
0.74	4	20	100	75	45
1.8	4	30	125	75	60
5.2	4	40	150	100	65
12.5	4	50	180	125	70
31.0	4	65	230	165	80
77.0	4	80	280	180	90

注：1. 在其他转速 n'时，离合器可传递的功率；P = 表值 × $(n'/1500)^3$。

2. 去掉弹簧，离合器可传递的功率约增加 1 倍。

3. 两个闸块时，离合器可传递的功率减小一半。

参 考 文 献

[1] 于惠力，向敬忠，张春宜．机械设计［M］．2 版．北京：科学出版社，2013．

[2] 于惠力，张春宜，潘承怡．机械设计课程设计［M］．2 版．北京：科学出版社，2013．

[3] 于惠力，潘承怡，冯新敏，等．机械设计学习指导．［M］．2 版．北京：科学出版社，2013．

[4] 于惠力，冯新敏．齿轮传动装置设计与实例［M］．北京：机械工业出版社，2015．

[5] 于惠力，冯新敏．常见机械零件设计与实例［M］．北京：机械工业出版社，2015．

[6] 于惠力，韩彦勇．机械加工计算与实例［M］．北京：机械工业出版社，2015．

[7] 于惠力，冯新敏．常见机构设计与实例［M］．北京：机械工业出版社，2015．

[8] 于惠力，冯新敏．传动零部件设计实例精解［M］．北京：机械工业出版社，2009．

[9] 于惠力，冯新敏．连接零部件设计实例精解［M］．北京：机械工业出版社，2009．

[10] 于惠力，李广慧，等．轴系零部件设计实例精解［M］．北京：机械工业出版社，2009．

[11] 于惠力，冯新敏．连接零部件设计与实用数据速查［M］．北京：机械工业出版社，2011．

[12] 于惠力，冯新敏．传动零部件设计与实用数据速查［M］．北京：机械工业出版社，2010．

[13] 于惠力，冯新敏．轴系零部件设计与实用数据速查［M］．北京：机械工业出版社，2010．

[14] 于惠力，等．新编实用紧固件手册［M］．北京：机械工业出版社，2011．

[15] 于惠力，冯新敏，等．机械零部件设计入门与提高［M］．北京：机械工业出版社，2011．

[16] 于惠力，潘承怡，向敬忠，等．机械零部件设计禁忌［M］．北京：机械工业出版社，2006．

[17] 成大先．机械设计手册［M］．5 版．北京：化学工业出版社，2010．

[18] 阮忠唐．联轴器、离合器设计与选用［M］．北京：化学工业出版社，2006．

[19] 张黎骅，等．新编机械设计手册［M］．北京：人民邮电出版社，2008．

[20] 孔凌嘉．简明机械设计手册［M］．北京：北京理工大学出版社，2008．

[21] 机械设计手册编委会．机械设计手册（单行本）联轴器、离合器与制动器［M］．北京：机械工业出版社，2007．

[22] 机械设计手册编委会．机械设计手册：滚动轴承［M］．北京：机械工业出版社，2007．

[23] 机械设计手册编委会．机械设计手册：滑动轴承［M］．北京：机械工业出版社，2007．

[24] 宋宝玉．机械设计课程设计［M］．哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2006．

[25] 中国机械设计大典编委会．中国机械设计大典（第 3 卷）：机械零部件设计［M］．南昌：江西科学出版社，2002．

[26] 杨黎明，等．机械设计简明手册［M］．北京：国防工业出版社，2008．

[27] 蒙继龙．实用紧固件手册［M］．广州：广东科技出版社，2006．

[28] 王连明，宋宝玉．机械设计［M］．哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2010．

[29] 吴宗泽．机械设计课程设计手册［M］．北京：高等教育出版社，2000．

★ 内容实用

★ 通用性好

★ 查阅方便

★ 案头必备

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

机械工业出版社微信公众号

机械工业出版社科普平台
科技有的聊

机械工业出版社制造业资讯
制造业那些事儿

上架指导 工业技术／机械工程／机械设计

ISBN 978-7-111-55586-5

策划编辑◎**黄丽梅** / 封面设计◎**陈沛**

ISBN 978-7-111-55586-5

定价：188.00元